ಉಪನ್ಯಾಸ ಗ್ರಂಥಮಾಲೆ

೮೦

ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿ

ಡಾ|| ಬಿ. ಜಿ. ಜ್ಯೋತಿ, ಎಂ. ಎಸ್‌ಸಿ., ಪಿ ಎಚ್. ಡಿ.



ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಧಾರವಾಡ
೧೯೬೮

ಉಪನ್ಯಾಸ ಗ್ರಂಥಮಾಲೆಯ ಪುಸ್ತಕಗಳು

ಬೆಲೆ : ಪ್ರತಿ ಒಂದಕ್ಕೆ ೨೫ ಪೈಸೆ

೧. ಭವಭೂತಿ (ಎರಡನೆಯ ಆವೃತ್ತಿ)–ಕೆ. ಕೃಷ್ಣಮೂರ್ತಿ
೨. ಮನೋರೋಗಗಳು(,,)–ಎನ್. ಆರ್. ಕುಲಕರ್ಣಿ
೩. ಪ್ರಥಮ ಪಂಚವಾರ್ಷಿಕ ಯೋಜನೆ ಹಾಗೂ ಒಕ್ಕಲುತನ –ಎನ್. ಪಿ. ಪಾಟೀ
೪. ಗಾದೆಗಳು (ಮೂರನೆಯ ಆವೃತ್ತಿ) -ಎ, ಕೆ. ರಾಮಾನುಜನ
೫. ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಜಾತಿಪದ್ಧತಿ (ದ್ವಿ.ಆ.) -ವಿಕ್ಟರ್ ಎಸ್. ಡಿ'ಸೋಜ
೬. ಕೀಟಕ ಪಿಡುಗುಗಳ ಸಮೀಕ್ಷಣೆ (,,) -ಎಸ್. ಎಸ್. ಕಟಗಿಹಳ್ಳಿಮ
೭. ರಾಜಕೀಯ ಪಕ್ಷಗಳು (,,) -ಎನ್. ರಾಜಗೋಪಾಲರಾವ
೮. ಸ್ವಾದಿ ಅರಸುಮನೆತನ (,,) -ಎಸ್, ಎಸ್. ಮಾಳವಾ
೯. ಮಕ್ಕಳ ಶಿಕ್ಷಣ (ತೃತೀಯ ಆವೃತ್ತಿ) -ಡಿ. ಎಸ್. ಕಕ
೧೦. ಮೂಢ ನಂಬಿಕೆಗಳು (,,) -ಎಲ್. ಆರ್. ಹೆಗ
೧೧. ಸಂಸ್ಕೃತ ಕವಯಿತ್ರಿಯರು (ದ್ವಿ. ಆ.) -ಕೆ. ಟಿ. ಪಾಂಡುರಂ
೧೨. ನಿತ್ಯಜೀವನದಲ್ಲಿ ರಸಾಯನಶಾಸ್ತ್ರ (,,) -ಬಿ. ವಿರುಪಾಕ್ಷ
೧೩. ಸಾರ್ವಜನಿಕ ಆಡಳಿತ (,,) ಜಿ. ಎಸ್. ಹಾಲ
೧೪. ವಿಚಾರವಾದ (ಎರಡನೆಯ ಆವೃತ್ತಿ) -ಗೌರೀಶ ಕಾಯ್ಕಿ
೧೫. ಮಹಾಕವಿ ಮಿಲ್ಟನ್ (,,) ಜಿ. ಎಸ್. ಆಮೂ
೧೬. ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಗ್ರಂಥಾಲಯ ಪ್ರಸಾರ(,,)-ಕೆ. ಎಸ್. ದೇಶಪಾಂ
೧೭. ಭಾರತೀಯ ನಾಗರಿಕತೆಗೆ ಮನುವಿನ ಕೊಡುಗೆ (ದ್ವಿ. ಆ.) -ಬಿ. ಎಚ್. ಶ್ರೀಧ
೧೮. ಜನಸಂಖ್ಯೆ ಹಾಗೂ ಆಹಾರ ಸಮಸ್ಯೆ –ಪಿ. ಎಮ್. ಉಮಾಕಾಂತಶಾ
೧೯. ಸೌರವ್ಯೂಹ (ದ್ವಿ. ಆ.) -ಸಿ. ಎನ್. ಶ್ರೀನಿವಾಸ ಅಯ್ಯಂಗಾ
೨೦. ಪ್ರಾಚೀನ ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾಜಿಕ ಜನಜೀವನ (ದ್ವಿ. ಆ.) -ಸಿ. ವ್ಹಿ. ರಂಗಸ್ವಾ
೨೧. ಸಮಾಜಕಾರ್ಯ (ದ್ವಿ. ಆ.) -ಎಚ್. ಎಮ್. ಮರುಳಸಿದ್ಧ
೨೨. ಸಂಸತ್ತಿನ ಕಾರ್ಯಪದ್ಧತಿ(ದ್ವಿ.ಆ.)-ಎ. ಎಮ್. ರಾಜಶೇಖರ
೨೩. ಕನ್ನಡನಾಡಿನ ಶಾಸನಗಳು (ದ್ವಿ.ಆ.) -ಪಿ. ಬಿ. ದೇಸಾ
೨೪. ಕವೀಂದ್ರ ರವೀಂದ್ರರು (,,) -ಎಸ್. ಎಸ್. ಮಾಳವ
೨೫. ನಾಗಾನಂದ (ದ್ವಿ. ಆ.) -ಎಚ್. ಪಿ. ಮಲ್ಲೇದೇವ

ಉಪನ್ಯಾಸ ಗ್ರಂಥಮಾಲೆ

೮೦

ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿ

ಲೇಖಕರು :

ಡಾ|| ಬಿ. ಜಿ. ಜ್ಯೋತಿ, ಎಂ. ಎಸ್ ಸಿ., ಪಿ ಎಚ್. ಡಿ.



ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ
ಧಾರವಾಡ
೧೯೬೮

ಪ್ರಕಾಶಕರು :
ಎಸ್. ಎಸ್. ಒಡೆಯರ, ಎಂ. ಎ., ಎಲ್ಎಲ್. ಬಿ.
ರಜಿಸ್ಟ್ರಾರ,
ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಧಾರವಾಡ

ಪ್ರಥಮ ಮುದ್ರಣ, ನವ್ಹೆಂಬರ್ ೧೯೬೮ – ೩,೦೦೦ ಪ್ರತಿಗಳು

ಬೆಲೆ : ೨೫ ಪೈಸೆ

ಮುದ್ರಕರು :
ಎಂ. ಎಂ. ಹೊರಡಿ,
ಕ್ವಾಲಿಟಿ ಪ್ರಿಂಟರ್ಸ್, ಧಾರವಾಡ– ೧.

ಮುನ್ನುಡಿ

ನಮ್ಮ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ವ್ಯಾಸಂಗ ವಿಸ್ತರಣ ವಿಭಾಗವು ಗ್ರಾಮಾಂತರ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿ ತಿಂಗಳು ಏರ್ಪಡಿಸುತ್ತಿರುವ ಉಪನ್ಯಾಸ ಶಿಬಿರಗಳು ದಿನೇ ದಿನೇ ಜನಪ್ರಿಯವಾಗುತ್ತ ಸಾಗಿರುವುದು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಸಂತೋಷದ ಸಂಗತಿ. ಈ ಜ್ಞಾನಪ್ರಸಾರದ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಭಾಗವಹಿಸುವುದರಿಂದ ವಿಶ್ವ ವಿದ್ಯಾಲಯದ ಹಾಗೂ ಕಾಲೇಜುಗಳ ಅಧ್ಯಾಪಕರಿಗೆ ಆಯಾ ಪ್ರದೇಶದ ಜನತೆಯೊಡನೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಪರ್ಕವೊದಗುವದಲ್ಲದೆ ಎಂಥ ವಿಷಯವನ್ನಾದರೂ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿ ಹೇಳುವ ಹಾಗೂ ಅದನ್ನು ಸುಲಭವಾದ ಶೈಲಿಯಲ್ಲಿ ಬರೆವಣಿಗೆಯಲ್ಲಿಳಿಸುವ ಅವಕಾಶ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಅವರೆಲ್ಲರೂ ಮನ ಮುಟ್ಟಿ ಸಹಕರಿಸುತ್ತಿರುವುದು ಶ್ಲಾಘನೀಯ.

ಈ ಮಾಲೆಯಲ್ಲಿ ಈಗಾಗಲೆ ಎಪ್ಪತ್ತೊಂಬತ್ತು ಪುಸ್ತಕಗಳು ಪ್ರಕಟವಾಗಿವೆ. ಅಚ್ಚಾಗಿ ಹೊರಬಂದೊಡನೆ ಅವುಗಳ ಸಾವಿರಾರು ಪ್ರತಿಗಳನ್ನು ಜನರು ಕೊಂಡು ಓದುತ್ತಾರೆ. ಅನೇಕ ಪುಸ್ತಕಗಳು ಎರಡು-ಮೂರು ಮುದ್ರಣಗಳನ್ನೂ ಕಂಡಿರುವುದು ಈ ಮಾಲೆಯ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯನ್ನೂ ಜನಪ್ರಿಯತೆಯನ್ನೂ ವ್ಯಕ್ತಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ನಾಡಿನ ಪ್ರಗತಿಯ ಚಿಹ್ನೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸುತ್ತೇನೆ.

ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ ಧನಸಹಾಯ ಆಯೋಗದವರು ಉಪನ್ಯಾಸ ಶಿಬಿರಗಳಿಗೂ, ಈ ಪುಸ್ತಿಕೆಗಳ ಪ್ರಕಟನೆಗೂ ನೆರವು ನೀಡುತ್ತಿದ್ದು ಅವರಿಗೆ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯವು ತನ್ನ ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದ ಈ ಸೇವೆಯ ಸಂಪೂರ್ಣ ಪ್ರಯೋಜನ ಪಡೆದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಜನತೆ ನಾಡಿನ ಸರ್ವತೋಮುಖವಾದ ಪ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಪಾಲುಗೊಳ್ಳಲೆಂದು ಹಾರೈಸುತ್ತೇನೆ.

ಎ. ಎಸ್. ಅಡಕೆ
ಕುಲಪತಿ
ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ

ಧಾರವಾಡ
೧—೧೧—೧೯೬೮

ಅರಿಕೆ

ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದವರು ರಾಯಚೂರು ಜಿಲ್ಲಾ ಮುನಿರಾಬಾದದಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡಿಸಿದ್ದ ಉಪನ್ಯಾಸ ಶಿಬಿರದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ ನನ್ನ ಭಾಷಣದ ಪ್ರತಿರೂಪವೇ ಈ ಕಿರುಹೊತ್ತಿಗೆ ಯಾಗಿ ನಿಮ್ಮ ಕೈಸೇರುತ್ತಿದೆ. ವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಷಯಗಳ ಮೇಲೆ ಅದರಲ್ಲೂ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ನವೀನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಬಗೆಗೆ ಜನ ಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೆ ತಿಳಿಯುವಂತೆ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಭಾಷಣ ಮಾಡುವದು ಅಥವಾ ಪುಸ್ತಕ ಬರೆಯುವದು ಸುಲಭವಲ್ಲ. ಯಾಕೆಂದರೆ ಅನೇಕ ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಶಬ್ದಗಳಿಗೆ ಸರಿಯಾದ ನಿರೂಪಣೆಗಳು ನಮಗೆ ಇನ್ನೂ ಕನ್ನಡದಲ್ಲಿ ಸಿಗುತ್ತಿಲ್ಲ. ಆದರೂ ನಾನು ಸ್ವಪ್ರಯತ್ನದಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯರಿಗೆ ತಿಳಿಯುವ ನಿರೂಪಣೆಗಳನ್ನು ಈ ಕಿರು ಹೊತ್ತಿಗೆ ಯಲ್ಲಿ ಸಾಧ್ಯವಾದ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಅರ್ಥಪೂರ್ಣವಾಗುವಂತೆ ಉಪ ಯೋಗಿಸಿದ್ದೇನೆ. ವಾಚಕರು ಯಾವ ತೊಂದರೆಯಿಲ್ಲದೆ ವಿಷಯ ವನ್ನು ಮನನಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವರೆಂದು ನನ್ನ ಬಲವಾದ ನಂಬಿಕೆ. ಈ ಚಿಕ್ಕ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಓದಿದವರಿಗೆಲ್ಲ ಭೌತವಿಜ್ಞಾನದ ವಿಷಯವಾಗಿ ಕುತೂಹಲಕೆರಳಿ ಭಾವೀ ಜನಾಂಗವು ಸಂಶೋಧನೆಯ ಚಟುವಟಿಕೆ ಗಳಲ್ಲಿ ಆಸ್ಥೆವಹಿಸುವಂತಾದರೆ ನನ್ನ ಈ ಬರಹ ಸಾರ್ಥಕ ವಾದಂತೆ.

ಹಸ್ತ ಪ್ರತಿಯ ಪ್ರಕಟನೆಯ ಹೊಣೆಯನ್ನು ಹೊತ್ತ ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯದವರಿಗೆ ನನ್ನ ಧನ್ಯವಾದಗಳು. ಪುಸ್ತಕವು ಅಚ್ಚಾಗಿ ಹೊರಗೆ ಬರಲು ಕಾರಣರಾದ ಪ್ರಕಟಣಾ ವಿಭಾಗದ ಶ್ರೀಯುತರಾದ ಕಣವಿ, ನಾಯಕ ಮತ್ತು

ಗುಡ್ಡಿನ ಇವರಿಗೆ ನನ್ನ ಕೃತಜ್ಞತೆಗಳು. ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಬರೆಯಲು ಪ್ರೋತ್ಸಾಹಿಸಿ ಸೂಕ್ತಸಲಹೆಗಳನ್ನು ಕೊಟ್ಟ ನನ್ನ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳಾದ ಪ್ರೊ. ರಾವ್ ಮತ್ತು ಪ್ರೊ. ಸವದತ್ತಿ ಇವರಿಗೆ ಉಪ-ಕೃತನಾಗಿದ್ದೇನೆ. ಕೈ ಬರಹದ ಪ್ರತಿಯನ್ನು ಅಂದವಾಗಿ ಬರೆದು ಕೊಟ್ಟ ಶ್ರೀಮತಿ ಜ್ಯೋತಿಯವರನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಮರೆಯುವಂತಿಲ್ಲ.

ಡಾ. ಬಿ. ಜಿ. ಜ್ಯೋತಿ

ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನ ವಿಭಾಗ
ಕರ್ನಾಟಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾಲಯ, ಧಾರವಾಡ
೧-೧೧-೧೯೭೮

ವಿಷಯಾನುಕ್ರಮಣಿಕೆ

ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿ
(FUSION ENERGY)

೧. ಪೀಠಿಕೆ

ಈಗಿನ ವಿಜ್ಞಾನಯುಗದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮೆಲ್ಲರಿಗೆ ಗೊತ್ತಿರುವಂತೆ, ಜಗತ್ತಿನ ನಾನಾ ದೇಶಗಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅನೇಕ ಹೊಸ ಹೊಸ ತರಹದ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಲ್ಲಿ ನಿರತರಾಗಿದ್ದಾರೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಅತಿ ಮಹತ್ವವಾದ ಮತ್ತು ಆಹ್ವಾನಪೂರಕವಾದ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳೆಂದರೆ ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮಾನವನ ನಿತ್ಯೋಪಯೋಗಕ್ಕೆ ದೊರಕಿಸಿಕೊಡುವ ವುಗಳಾಗಿವೆ. ಇತಿಹಾಸದ ಪ್ರಾರಂಭಕಾಲದಿಂದಲೂ ಶಕ್ತಿಯ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳು ಮಾನವನ ನಾಗರಿಕತೆಯ ಬೆಳವಣಿಗೆಗಾಗಿ ಹಾಗೂ ಸುಖಜೀವನಕ್ಕಾಗಿ ಉದಾತ್ತವಾದ ಪಾತ್ರಗಳನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತಲೇ ಬಂದಿವೆ.

ಬೆಂಕಿಯ ಅನ್ವೇಷಣೆಯಿಂದ ಹಿಡಿದು ಅನೇಕ ಸುಧಾರಿತ ಶಕ್ತಿಯ ಉಗಮಗಳು, ಔದ್ಯೋಗಿಕ ಮತ್ತು ತಾಂತ್ರಿಕ ಬೆಳವಣಿಗೆಗಳಿಗೆ ಸಹಾಯ ಮಾಡಿವೆಯಲ್ಲದೆ, ಭವಿಷ್ಯತ್ತಿಗಾಗಿ ಹೊಸ ಜಗತ್ತನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣ ಮಾಡಿವೆ. ೧೭೭೬ರ ಔದ್ಯೋಗಿಕ

ಕ್ರಾಂತಿಯ ನಂತರವಂತೂ, ಉಷ್ಣತೆ, ಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ಮುನ್ನುಗ್ಗುವ ಪ್ರೇರಕಗಳನ್ನು (Propulsion) ಜನತೆಗೆ ದೊರಕಿಸಿಕೊಡುವಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಸುಧಾರಿಸಿದ ವಿಧಾನಗಳು ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ವಿಧಾನಗಳು ಬಹಳವಾಗಿ ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ಹುದುಗಿರುವ ಇಂಧನಗಳಾದ ಮೂಲಧಾತುಗಳು, ಕಲ್ಲಿದ್ದಲು ಮತ್ತು ಎಣ್ಣೆ ಇವುಗಳ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿವೆ. ಮಾನವನು ಈ ಇಂಧನ ಗಳಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ತರಹದ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಿ ತನ್ನ ದೈನಂದಿನ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬಳಸುತ್ತಾ ಬಂದಿದ್ದಾನೆ. ಆದರೆ ಈ ನೈಸರ್ಗಿಕ ಇಂಧನಗಳು ಸಿಗುವ ಪ್ರಮಾಣ ಪರಿಮಿತ-ವಾದದ್ದು. ಬೆಳೆಯುತ್ತಿರುವ ಮಾನವ ಜನಾಂಗದ ಶಕ್ತಿದಾಹ ವನ್ನು ಇವು ಬಹಳಕಾಲ ಪೂರೈಸಲಾರವು. ಆದ್ದರಿಂದ ನಾವು ಭೂಗರ್ಭದಲ್ಲಿ ಹುದುಗಿರುವ ಇಂಧನಗಳನ್ನು ಮುಂದೆಯೂ ಇದೇ ರೀತಿ ನಮ್ಮ ನಿತ್ಯಜೀವನಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾ ಹೋದರೆ ಅವು ಸ್ವಲ್ಪಕಾಲದಲ್ಲಿಯೇ ತೀರಿಹೋಗಬಹುದು. ಇಂಥ ಇಂಧನಗಳೇ ತೀರಿಹೋದಮೇಲೆ ಅವುಗಳಿಂದ ಹೊರ ಡುವ ಶಕ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವ ಯೋಜನೆಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಬೇರೆ ಶಕ್ತಿಯ ಆಗರವನ್ನು (Source) ಹೊಂದಿಸದಿದ್ದರೆ ಯೋಜನೆಗಳೆಲ್ಲ ವ್ಯರ್ಥ. ಈಗಿನ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪ್ರಗತಿಮಾನ ದಿಂದ ಅಪರಿಮಿತವಾದ ಅಣುಶಕ್ತಿಯು ಇಂಥ ಆಗರವಾಗ ಬಲ್ಲದು. ಈ ಆಗಾಧವಾದ ಅಣುಶಕ್ತಿಯು ನಮಗೆ ಈಗಾ-ಗಲೇ ದೊರೆತಿರುವಾಗ, ಮುಂದಿನ ಭವಿಷ್ಯದ ಬಗ್ಗೆ ನಾವೇಕೆ ವಿಚಾರ ಮಾಡಬೇಕು ? ಎಂದು ಯಾರಾದರೂ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ

ಹೇಳಬಹುದು. ಭಾರವಾದ ವಿಕಿರಣಶೀಲ (Radio-active) ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಪ್ರಥಃಕರಣ (fission) ದಿಂದ ಹೊರಡುವ ಈ ಅಣುಶಕ್ತಿಯು ಜಗತ್ತಿನ ಶಕ್ತಿದಾಹವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದ ವರೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಹಿಂಗಿಸಬಲ್ಲುದು. ಯಾಕೆಂದರೆ ಪ್ರಥಃಕರಣ ಕ್ರಿಯೆಗೆ ಒಳಪಡುವ ವಿಕಿರಣಶೀಲ (Radio-active) ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಸಂಚಯ ಪರಿಮಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಉಪಯೋಗವು ಈಗಿನಂತೆಯೇ ಮುಂದೆಯೂ ತೀವ್ರ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಆಗ ತೊಡಗಿದರೆ ಅವುಗಳ ನಿಧಿ ಕೆಲಕಾಲದಲ್ಲಿಯೇ ಮುಕ್ತಾಯವಾಗಬಹುದು. ಮೇಲಾಗಿ ಹೊಸ ಹೊಸ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಮೂಲಧಾತುಗಳನ್ನು ಶೋಧಿಸುವುದೂ ಕೆಲವು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಅಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಪ್ರಕೃತಿಯ ಮಡಿಲಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಹೊಸ ಅಗಾಧವಾದ ಶಕ್ತಿಯು ಅಡಗಿದೆ ಎಂಬುದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಕಂಡುಬಂದಿರುವುದು ನಮ್ಮ ಸುದೈವವೇ ಸರಿ. ಈ ಶಕ್ತಿಯೇ ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿ. ಜಗತ್ತಿನ ಅನೇಕ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮಾನವನ ದೈನಂದಿನ ಉಪಯೋಗಕ್ಕಾಗಿ ಪಡೆಯಲು ಅವಿರತ ಶ್ರಮ ಪಡುತ್ತಿದ್ದಾರೆ. ಅವರ ಈ ಪ್ರಯತ್ನಗಳಿಗೆ ಫಲ ಸಿಕ್ಕರೆ, ಅತ್ಯಾವಶ್ಯಕ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಪರಿಹಾರದ ಒಂದು ಅಕ್ಷಯ ನಿಧಿ ಜನತೆಗೆ ಲಭಿಸಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಶಕ್ತಿ ಸಂಚಯವು ಕೇವಲ ನೂರಾರು ಅಥವಾ ಸಾವಿರಾರು ವರ್ಷಗಳವರೆಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿ

ದರೆ ಸಾಕಾಗುವದೆಂದಲ್ಲ, ಭವಿಷ್ಯತ್ತಿನಲ್ಲಿ ಮಾನವ ಎಷ್ಟುದೂರ ಇಣುಕಬಹುದೋ ಅಷ್ಟರವರೆಗೆ ಸಾಕಾಗುವದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯ ವಿಷಯವಾಗಿ ತಿಳಿಯುವುದು ಅತಿ ಅವಶ್ಯ. ಆದರೆ ಅದಕ್ಕೂ ಮೊದಲು, ಶಕ್ತಿ ಎಂದರೇನು ? ಶಕ್ತಿಯ ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಯಾವ ರೀತಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಬಂದವು ಇತ್ಯಾದಿಗಳನ್ನು ಆಲೋಚಿಸೋಣ.

೨. ಶಕ್ತಿ ಎಂದರೇನು?

i) **ಕೆಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳು : —** ಒಂದು ಮೇಜಿನ ಮೇಲಾಗಲೀ ಅಥವ ನೆಲದ ಮೇಲಾಗಲಿ ಯಾವುದೇ ಒಂದು ಪದಾರ್ಥವು ಇದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಆ ಪದಾರ್ಥವು ತಾನಾಗಿಯೇ ಸರಿಯುವದಿಲ್ಲ ಅಥವಾ ತನ್ನ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಬದಲಿಸುವದಿಲ್ಲ. ಅದು ತನ್ನ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಬದಲಿಸ ಬೇಕಾದರೆ ಯಾರಾದರೊಬ್ಬರು ಹೋಗಿ ಅದನ್ನು ಸರಿಸ ಬೇಕು. ಇಲ್ಲವೇ ಎತ್ತಿ ಬೇರೆ ಕಡೆ ಇಡಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಯಾವುದೇ ಒಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ ಅನ್ಯ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ಅಥವಾ ಯಾರಾದರೂ ಒಬ್ಬರಿಂದ ಕೆಲಸ ವಾಗಬೇಕು. ಈ ಕೆಲಸವನ್ನು ಮಾಡುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವೇ ಶಕ್ತಿಯೆನಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಇದೇ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ನೀರಿದೆಯೆನ್ನಿ. ಅದಕ್ಕೆ ನಾವು ಬೆಂಕಿಯಿಂದ ಶಾಖ ಕೊಡದೆ ತನ್ನಷ್ಟಕ್ಕೆ ತಾನೇ ಕಾಯುವದಿಲ್ಲ. ಬೆಂಕಿಯನ್ನು ಮಾಡಲು ಕಟ್ಟಿಗೆಯನ್ನೋ ಅಥವಾ ಇದ್ದಲಿಯನ್ನೋ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ. ಬೆಂಕಿಯಲ್ಲಿ ನೀರನ್ನು ಕಾಯಿಸುವ ಶಕ್ತಿ ಅಡಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಯು ಉಷ್ಣತಾ ಶಕ್ತಿ ಯೆಂದೆನಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ, ಬೆಂಕಿಯನ್ನು ಹುಟ್ಟಿಸಲು ಉಪಯೋ-ಗಿಸಿದ ಕಟ್ಟಿಗೆ ಅಥವಾ ಇದ್ದಲಿಗೆ ನಾವು ಇಂಧನವೆಂದು **(Fuel)** ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇಂಥ ಇಂಧನಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಶಕ್ತಿಯೇ ಉಷ್ಣತಾಶಕ್ತಿ.

(ii) **ಶಕ್ತಿಸಂಚಯುಗಳ ಐತಿಹಾಸಿಕ ವಿವೇಚನೆ :—** ಶಿಲಾಯುಗದಲ್ಲಿ ಜನರು ಎರಡು ಬೆಣಚುಕಲ್ಲುಗಳನ್ನು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ತಿಕ್ಕಿ ಬೆಂಕಿಯನ್ನು ಹುಟ್ಟಿಸುತ್ತಿದ್ದರು. ಮುಂದೆ ಕಬ್ಬಿಣವು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಬಂದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಬೆಣಚುಗಲ್ಲು ಮತ್ತು ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣದ ತುಣುಕು ಇವೆರಡನ್ನೂ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ತಿಕ್ಕಿ ಬೆಂಕಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದರು. ಇಲ್ಲಿ ಎರಡು ಬೆಣಚುಕಲ್ಲುಗಳನ್ನು ಅಥವಾ ಒಂದು ಬೆಣಚುಗಲ್ಲು ಮತ್ತು ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣದ ತುಣುಕನ್ನು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ತಿಕ್ಕುವದರಿಂದ ಉಷ್ಣತಾ ಶಕ್ತಿಯು ಹುಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಈ ಉಷ್ಣತಾಶಕ್ತಿಯೇ ಬೆಂಕಿಯಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುತ್ತದೆ. ರಂಜಕವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಮೇಲೆ ಕಡ್ಡಿಪೆಟ್ಟಿಗೆಗಳು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಬಂದವು. ರಂಜಕದ ಲೇಪವುಳ್ಳ ಕಡ್ಡಿಪೆಟ್ಟಿಗೆಯ ಹೊರಮೈಗೆ ರಂಜಕದ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ಅಂಟಿಸಿದ ಕಡ್ಡಿಯನ್ನು ಕೊರೆದರೆ ಉರಿ ಹುಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಉಷ್ಣತಾ ಶಕ್ತಿ ಹುಟ್ಟುತ್ತದೆ.

ಕಳೆದ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಬಾವಿಯಲ್ಲಿಯ ನೀರನ್ನಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಭಾರವಾದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನಾಗಲೀ ಕೆಳಗಿನಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎತ್ತಲು ಗಾಳಿಯಂತ್ರ (Wind-mill) ಗಳನ್ನು ಬಹಳವಾಗಿ ಬಳಸಲಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಚಯವಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಎತ್ತುವದಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡದ್ದು ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಈಗ ಗಾಳಿಯಂತ್ರಗಳ ಬದಲು ವಿದ್ಯುತ್ ಮೋಟರುಗಳು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಎತ್ತುವ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಇತ್ತೀಚೆಗಂತೂ ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ನವೀನ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಇಂತಹ ಕೆಲಸಗಳು ಮಾಡಲ್ಪಡುತ್ತಿವೆ.

ಈಗ ಉಗಿಬಂಡಿಯ ಎಂಜಿನ್ನಿನ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನೇ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ರೈಲುಗಾಡಿಗಳನ್ನು ನಡೆಸುವ ಎಂಜಿನ್ನಿಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ಭಾಷ್ಪವನ್ನು (Steam) ನೀರಿನಿಂದ ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಕಲ್ಲಿದ್ದಲನ್ನು ಇಂಧನವೆಂದು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಈ ಭಾಷ್ಪವೇ ಎಂಜಿನ್ನು ನಡೆಯಲಿಕ್ಕೆ ಮುಖ್ಯಕಾರಣ. ಯಾಕೆಂದರೆ ಭಾಷ್ಪದಲ್ಲಿ ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣತೆಯು (೧ ಗ್ರಾಂನಲ್ಲಿ ೫೩೦ ಕೆಲರಿ) ಹುದುಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಎಂಜಿನ್ನಿಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಉಷ್ಣತೆಗೆ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣತೆ ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣತಾಶಕ್ತಿಯು ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಗೆ ರೂಪಾಂತರವಾಗಿ ಎಂಜಿನ್ನು ಚಲಿಸುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಈಗ ರೈಲು ಗಾಡಿಗಳನ್ನು ನಡೆಸಲು ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ ನಾವು ವಿದ್ಯುತ್ ಗಾಡಿಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ.

ಅದೇ ಪ್ರಕಾರ ಮೋಟಾರುಗಳನ್ನು ನಡೆಸಲು ಪೆಟ್ರೋಲ್ ಅಥವಾ ಗ್ಯಾಸೋಲೀನ್ ಎಣ್ಣೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇಲ್ಲಿ ಪೆಟ್ರೋಲ್ ಅಥವಾ ಗ್ಯಾಸೋಲೀನ್ ಎಣ್ಣೆಗಳು ಇಂಧನಗಳು. ಈ ಇಂಧನಗಳನ್ನು ಸುಡುವದರಿಂದ ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣತಾ ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಶಕ್ತಿಯೇ ಮೋಟಾರನ್ನು ನಡೆಸಲಿಕ್ಕೆ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣ. ಇಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ಉಷ್ಣತಾ ಶಕ್ತಿಯು ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿಗೆ ರೂಪಾಂತರವಾಗುತ್ತದೆ.

೩. ಶಕ್ತಿಯ ನವೀನ ಉಗಮಗಳು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಪರಿಮಿತಿ

i) **ಜಲಶಕ್ತಿ :**— ನಮ್ಮ ರಾಜ್ಯದ ಜೋಗ, ಶಿವನ ಸಮುದ್ರ, ಲಕ್ಕವಳ್ಳಿ, ಲಿಂಗನಮಕ್ಕಿ ಮತ್ತು ಹೊಸಪೇಟೆಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವ ಜಲಾಶಯಗಳ ವಿಷಯ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಗೊತ್ತು. ಈ ಎಲ್ಲ ಜಲಾಶಯಗಳಲ್ಲಿ, ಜಲಶಕ್ತಿಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಯಾವುದಾದರೊ-ಂದು ಎತ್ತರದ ಸ್ಥಳದಿಂದ ನೀರು ರಭಸದಿಂದ ಬೀಳುವಂತಾದರೆ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹಿತವಾದ ಶಕ್ತಿಯು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ರೂಪಾಂತರವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಾವು ನಾನಾ ವಿಧವಾಗಿ ದಿನಾಲು ಬಳಸುತ್ತೇವೆ. ಆದರೆ ಕೇವಲ ಜಲಾಶಯಗಳಲ್ಲಿ ಉತ್ಪಾದಿತವಾಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ಜಗತ್ತಿಗೆಲ್ಲ ಸಾಕಾಗಬಹುದೇ? ಸಾಕಾಗಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ, ಯಾಕೆಂದರೆ ಎಲ್ಲ ಜಲಾಶಯಗಳಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ಮಿತಿಯುಳ್ಳದ್ದು. ಆದ್ದರಿಂದ ಎಲ್ಲ ಮಾನವ ಜನಾಂಗದ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳಿಗೆ ಸಾಲುವಷ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ನಾವು ಹೊಸ ಹೊಸ ಉಗಮಗಳನ್ನು ಶೋಧಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ.

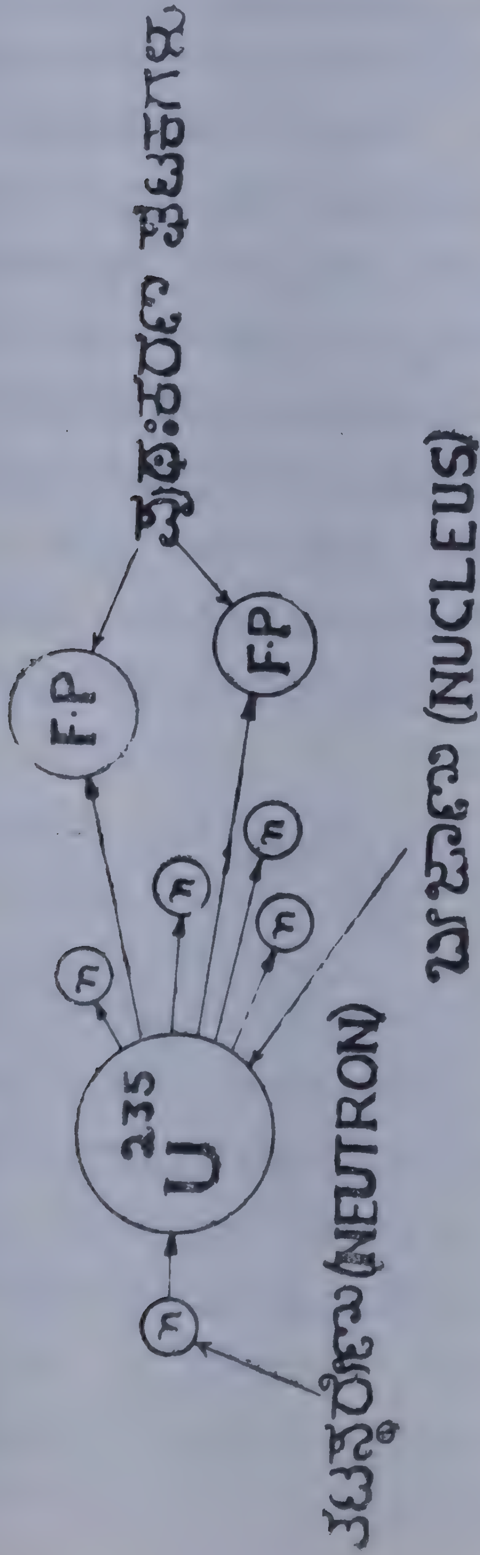
ii) **ಅಣುಶಕ್ತಿ :**—ಅಣುಶಕ್ತಿಯ ಬಗ್ಗೆ ನಾವು ವಿವೇ-ಚಿಸುವ ಮೊದಲು, ಅಣುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ತಿಳಿದು ಕೊಳ್ಳೋಣ, ಮುಂದೆ ವಿಭಾಗಿಸಲು ಅಸಾಧ್ಯವಾದ ಮೂಲ ಧಾತುವಿನ ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಕಣಕ್ಕೆ "ಅಣು" ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಅಣುವಿನ ಮಧ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ ಬೀಜಾಣು (nucleus) ಇರುತ್ತದೆ.

ಬೀಜಾಣುವಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಋಣ್ವಿದ್ಯುತ್ತುಳ್ಳ ಋಣರೇಣು (Electrons) ಗಳು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಬೀಜಾಣುವು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತುಳ್ಳ ಧನರೇಣುಗಳು (Protons) ಮತ್ತು ಯಾವುದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಇರದ ತಟಸ್ಥರೇಣು (Neutrons) ಗಳಿಂದ ಕೂಡಿ ರುತ್ತದೆ. ಧನರೇಣುಗಳು ಋಣರೇಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯಷ್ಟೆ ಇರುತ್ತವೆ. ಇದು ಸ್ಥಿರ ಅಣುವಿನ ರಚನೆ. ಇನ್ನು ಅಣುಶಕ್ತಿಯ ನಿರ್ಮಾಣವಾಗುವ ಬಗೆ ಹೇಗೆ ನೋಡೋಣ. ಅಣುಶಕ್ತಿಯ ನಿರ್ಮಾಣದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಮುಖ್ಯ ಫಲಕ ಗಳೆಂದರೆ ಕೆಲವು ಭಾರವಾದ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಮೂಲ ಧಾತುಗಳ ಬೀಜಾಣುಗಳು. ಉದಾ:—ಯುರೇನಿಯಮ್, ಪ್ಲುಟೋನಿಯಮ್ ಮೊದಲಾದವುಗಳು. ಭಾರವಾದ ಈ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಮೂಲಧಾತುಗಳು ಅಣು ವಿಚ್ಛೇದನ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ (Reactor) ಇಂಧನಗಳಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಈ ಮೂಲಧಾತುಗಳ ಬೀಜಾಣುಗಳನ್ನು ಪೃಥಃಕರಿಸಲಿಕ್ಕೆ (fission) ತಟಸ್ಥರೇಣುಗಳನ್ನು (Neutrons) ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ ಧನರೇಣುಗಳಾಗಲೀ ಅಥವಾ ಋಣರೇಣುಗಳಾಗಲೀ ಬೀಜಾಣುವನ್ನು ಪೃಥಃಕರಿಸಲಾರವು. ಏಕೆಂದರೆ ವಿಜಾತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಆಕರ್ಷಿಸುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು ಸಜಾತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ಕಣಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ನಿರಾಕರಿಸುತ್ತವೆ. ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ತುಳ್ಳ ಬೀಜಾಣುವಿನ ಸಮೀಪ ಋಣರೇಣುಗಳು (Electrons) ಬಂದರೆ ಅವು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಆಕರ್ಷಿಸಿ ಸೇರಿ ಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಬೀಜಾಣುವಿನ ಸಮೀಪ ಧನರೇಣುಗಳು(Protons) ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಬರುವದೇ ಇಲ್ಲ.

ಮೇಲಿನ ಕಾರಣಗಳಿಂದ, ಅಣು ವಿಚ್ಛೇದನ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಬೀಜಾಣುಗಳನ್ನು ಪೃಥಃಕರಣಗೊಳಿಸಲು (fission) ಧನರೇಣು ಅಥವಾ ಋಣರೇಣುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವದು ಅನುಕೂಲವಾಗುವದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಯಾವ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನೂ ಹೊಂದದ ತಟಸ್ಥರೇಣುಗಳು (Neutrons) ಬೀಜಾಣುಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರವೇಶಮಾಡಬಲ್ಲವು. ತಟಸ್ಥರೇಣುವು ಪ್ರವೇಶಮಾಡುವದರಿಂದ ಬೀಜಾಣುವಿನ ತೂಕ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಗಳು ಹೆಚ್ಚಿ ಅದು ತನ್ನ ಸ್ಥಿರತೆಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡು ಒಡೆಯುತ್ತದೆ. ಈ ಒಡೆಯುವ ಕ್ರಿಯೆಗೆ fission ಅನ್ನುತ್ತಾರೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ೨ ದೊಡ್ಡ ತುಣುಕುಗಳೂ ಹಾಗೂ ೨–೩ ತಟಸ್ಥರೇಣುಗಳೂ ಈ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಎರಡು ತುಣುಕುಗಳ ಗಾತ್ರ ಸುಮಾರಾಗಿ ಸರಿ ಇರುತ್ತವೆ. ಹೊಸದಾಗಿ ಹುಟ್ಟಿದ ತಟಸ್ಥರೇಣುಗಳು ಮತ್ತೆ ಮುಂದಿನ ಪೃಥಃಕರಣ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ (fission) ತೊಡಗುತ್ತವೆ. ಈ ರೀತಿ ಹುಟ್ಟಿದ ತಟಸ್ಥರೇಣುಗಳು ಬೇರೆ ಕಡೆಗೆ ಕಳೆದುಹೋಗದಂತೆ ನಾವು ವಿಧಾಯಕವಾಗಿ ನೋಡಿಕೊಂಡರೆ ಪೃಥಃಕರಣ ಕ್ರಿಯೆಯನ್ನು ಅನಂತವಾಗಿ ಮುಂದುವರಿಸಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಸರಪಳಿಯ ಕ್ರಿಯೆ (Chain Reaction) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಮುಂದಿನ ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಪೃಥಃಕರಣ ಕ್ರಿಯೆ ಹೇಗೆ ನಡೆಯುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇಂತಹ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪೃಥಃಕರಣ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು ೨೦೦ *Mev ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟು ದೊಡ್ಡ ಗಾತ್ರದ ಶಕ್ತಿಯು ಹೇಗೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆಂಬುದನ್ನು ಈಗ ನೋಡೋಣ.

---

* ಒಂದು ಋಣರೇಣು (electron) ೧೦ ಲಕ್ಷ ವೋಲ್ಟ ವಿದ್ಯುತ್ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಕ್ರಮಿಸಿದಾಗ ಅದರ ಶಕ್ತಿಯು 1 Mev ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ.


ಪೃಥಃಕರಣ ವಿಧಾನ
235
U
n
F·P
ಪೃಥಃಕರಣ ಘಟಕಗಳು
ತಟಸ್ಥರೇಣು (NEUTRON)
ಬೀಜಾಣು (NUCLEUS)

ಬೀಜಾಣುವಿನ ಪೃಥಃಕರಣವಾದ ಮೇಲೆ ಅದರ ಎಲ್ಲ ಘಟಕಗಳ ಒಟ್ಟು ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ(Mass) ಪೃಥಃಕರಣದ ಮೊದಲಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಕಡಿಮೆಯಾದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯೇ ಐನ್‌ಸ್ಟೈನ್‌ನ ದ್ರುವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ಸಮೀಕರಣ ($E = mc^2$) ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಇಷ್ಟು ದೊಡ್ಡ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಮಾರ್ಪಾಟಾಗು-ತ್ತದೆ. ಈ ಶಕ್ತಿಯು ಪೃಥಃಕರಣ ಘಟಕಗಳ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಇದ್ದು ಸುತ್ತುಮುತ್ತಲಿನ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣತಾಶಕ್ತಿಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಅಣು ವಿಚ್ಛೇದನ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣತೆ ಹುಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಯೋಗ್ಯ ಶೀತಕ (Coolant)ವನ್ನು ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಹರಿಸಿ ಈ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಒಂದೇಸವನೆ ಹೊರತೆಗೆದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊರಡಿಸಬಹುದು.

ಈ ರೀತಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಅಣುಶಕ್ತಿಯು ಮಾನವನ ನಿತ್ಯೋಪಯೋಗಕ್ಕಾಗಿ ಕೆಲವು ವರ್ಷಗಳ ವರೆಗೆ ಮಾತ್ರ ಸಾಕಾಗಬಹುದು, ಯಾಕೆಂದರೆ ಅಣುವಿಚ್ಛೇದನ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಇಂಧನಗಳೆಂದು ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ಮೂಲ ಧಾತುಗಳಾದ ಯುರೇನಿಯಂ, ಪ್ಲುಟೋನಿಯಂ ಮೊದಲಾದ-ವುಗಳು ಭೂಗರ್ಭದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಮಿತಿಯಾಗಿ ಸಿಗುತ್ತವೆ. ಅಣು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಇವುಗಳ ವ್ಯಯವು ಮುಂದೆಯೂ ಸತತವಾಗಿ ನಡೆದರೆ ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ತೀರಿಹೋಗುತ್ತವೆ, ಅಮೇಲೆ ನಮಗೆ ಅಣುಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಅಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ ನಾವು ಶಕ್ತಿಯ ಹೊಸ ಉಗಮವನ್ನು ಶೋಧಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ,

iii) **ಸೂರ್ಯಶಕ್ತಿ** (Solar energy):— ಸೂರ್ಯನ ಉಷ್ಣತೆಯಿಂದ ಹಳ್ಳಗಳ, ಹೊಳೆಗಳ ಮತ್ತು ಸಮುದ್ರಗಳ ನೀರು ಭಾಷ್ಪವಾಗಿ ಹೋಗುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವದು ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಗೊತ್ತಿರುವ ವಿಷಯ. ಈ ಭಾಷ್ಪವು ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಪಸರಿಸಿ ಮೋಡಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಮೋಡಗಳಿಗೆ ತಂಪು ತಗಲಿದ ಕೂಡಲೇ ಮಳೆಯಾಗಿ ಮತ್ತೆ ಹಳ್ಳ-ಕೊಳ್ಳಗಳು ತುಂಬಿ ಹರಿಯುತ್ತವೆ. ಸೂರ್ಯಶಕ್ತಿಯು ಪ್ರಕೃತಿಯಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ಮಹತ್ವದ ಪಾತ್ರಗಳನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಸೂರ್ಯಶಕ್ತಿ ಇಲ್ಲದ ಜೀವನವೇ ಅಸಾಧ್ಯ. ಸಸ್ಯಗಳ ಜೀವನಕ್ಕೂ ಸಹ ಇದು ಅವಶ್ಯ ಬೇಕೇ ಬೇಕು. ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕು ಸಸ್ಯ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ರಸಾಯನಿಕ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ರೂಪಾಂತರ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನಕ್ಕೆ ಕಿರಣಸಂಯೋಗಕ್ರಿಯೆ(**Photo-synthesis)** ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಸೂರ್ಯಶಕ್ತಿಯು ನಮಗೆ ಸದಾವಕಾಲವೂ ದೈವದತ್ತವಾಗಿ ಸಿಗುತ್ತ ಬಂದಿದೆ. ಇದನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸಲಿಕ್ಕೆ ಮತ್ತು ಜಗತ್ತಿನ ಎಲ್ಲ ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಹಂಚಲಿಕ್ಕೆ ಯಾವೇನೂ ವೆಚ್ಚವನ್ನು ಕೊಡಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಯಾಕೆಂದರೆ ಅದು ನೈಸರ್ಗಿಕವಾಗಿ ದಿನಾಲು ನಮಗೆ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಾವು ಸೂರ್ಯಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಖರ್ಚಿನಲ್ಲಿ ನಾನಾ ರೀತಿಯಾಗಿ ನಿತ್ಯ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಬಳಸಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ ಅಡುಗೆ ಮಾಡಲು, ನೀರು ಕಾಯಿಸಲು, ಶುದ್ಧ ಮಾಡಲು, ಮನೆಗಳನ್ನು ಬೆಚ್ಚಗೆ ಇಡಲು, ಮದ್ಯವನ್ನು ತಯಾರಿಸಲು, ಉಪ್ಪು ಮತ್ತು ಕ್ಷಾರಗಳನ್ನು ಸಮುದ್ರದಿಂದ ತೆಗೆಯಲು, ಧಾತುಗಳನ್ನು ಕರಗಿಸಲು ಮತ್ತು ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ಉದ್ಯಮಗಳಲ್ಲಿ

ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯ ಬದಲಾಗಿ ಸೂರ್ಯಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಸೂರ್ಯಶಕ್ತಿಯ ಉಪಯೋಗವು ಈಗ ದಿನೇ ದಿನೇ ಹೆಚ್ಚುತ್ತಲಿದೆ.

೧೯೫೮ ನೇ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿ ಅಮೇರಿಕಾದೇಶದ ಮೆಸಾಚುಸೆಸ್ಟ ಇನ್ಸ್ಟಿಟ್ಯೂಟ ಆಫ್ ಟೆಕ್ನಾಲಜಿಯ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸೂರ್ಯಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸಲುವಾಗಿ ಒಂದು ಮನೆಯನ್ನೇ ಕಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ. ಅದಕ್ಕೆ ಸೂರ್ಯ ಶಕ್ತಿಯ ಮನೆ **(Solar house)** ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ನಮ್ಮದೇಶದ ದಿಲ್ಲಿಯ ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಭೌತ ವಿಜ್ಞಾನ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳೂ ಸಹ ಅಡುಗೆ ಮಾಡುವದರ ಸಲುವಾಗಿ ಒಂದು ಸೂರ್ಯ ಶಕ್ತಿಯ ಒಲೆ **(Solar Cooker)**ಯನ್ನು ಇತ್ತೀಚಿಗೆ ತಯಾರಿಸಿದ್ದಾರೆ. ರೇಡಿಯೋ ಮತ್ತು ಟೆಲಿವ್ಹಿಜನ್‌ಗಳನ್ನು ನಡೆಯಿಸುವದರ ಸಲುವಾಗಿಯೂ ಸೂರ್ಯ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಗಗನಯಾನದಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ಈಗ ಸೂರ್ಯನ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ನಡೆಯುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿತ್ತಾರೆ. ಇವು ಸೂರ್ಯ ಪ್ರಕಾಶವನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನಾಗಿ ರೂಪಾಂತರಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶಗಳು ಬೇಗ ಕೆಟ್ಟು ಹೋಗುವದಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ತಾವಾಗಿಯೇ ಚಾರ್ಜ ಆಗುತ್ತವೆ.

ಇಷ್ಟೆಲ್ಲ ವೈವಿಧ್ಯಮಯವಾದ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಬಲ್ಲ ಸೂರ್ಯಶಕ್ತಿಗೂ ಕೆಲವು ಕುಂದು ಕೊರತೆಗಳಿವೆ. ಮುಖ್ಯವಾದ ಮತ್ತು ಕಠಿಣವಾದ ಕೊರತೆ ಎಂದರೆ ಅದರ ಸಂಗ್ರಹಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದುದು. ಸೂರ್ಯಶಕ್ತಿಯ ಸರಿಯಾದ

ಸಂಗ್ರಹಗಳು ಇನ್ನೂ ಶೋಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿಲ್ಲ, ಮತ್ತು ಭವಿಷ್ಯತ್ತಿನಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ಇವುಗಳನ್ನು ಶೋಧಿಸುವುದು ಸಂಶಯಾಸ್ಪದವೇ ಆಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಾವು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಸಿಗುವ ಈ ಸೂರ್ಯಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬಹಳವಾದರೆ ಸೂರ್ಯಪ್ರಕಾಶಿತ ದಿನಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಉಪಯೋಗ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಆದರೆ ಎಲ್ಲ ಋತುಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ರಾತ್ರಿಯಲ್ಲಿ ಬಳಸಲಿಕ್ಕೆ ಇದು ಸಿಗಲಾರದು.

---

೪. ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿ
(FUSION ENERGY)

i) ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿರುವ ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿ:— ಸೂರ್ಯನು ಕೋಟ್ಯಾನುಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಯಥಾಪ್ರಕಾರವಾದ ಉಷ್ಣತೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಖರತೆಯಿಂದ ಬೆಳಗುತ್ತ ಬಂದಿದ್ದಾನೆ ಮತ್ತು ಮುಂದೆಯೂ ಕೋಟ್ಯಾವಧಿ ವರ್ಷಗಳ ಕಾಲ ಇದೇ ಪ್ರಕಾರ ಬೆಳಗುತ್ತಾನೆ ಎಂಬುದರಲ್ಲಿ ಸಂಶಯವಿಲ್ಲ. ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿ ಇಷ್ಟು ದೊಡ್ಡ ಗಾತ್ರದ ಉಷ್ಣತೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಖರತೆಗಳನ್ನು ಕೊಡುವ ಶಕ್ತಿಯು ಹೇಗೆ ಹುಟ್ಟುತ್ತದೆ? ಅವನಲ್ಲಿಯ ಪ್ರಖರತೆ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣತೆಗಳು ಇಲ್ಲಿಯ ವರೆಗೆ ಏಕೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಬಂದಿಲ್ಲ? ಮತ್ತು ಮುಂದೆಯೂ ಏಕೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗಲಾರವು? ಎಂದು ಯಾರಾದರೂ ಈ ಎರಡು ಪ್ರಶ್ನೆಗಳನ್ನು ಕೇಳುವುದು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ. ಈ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಪಕ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಕಂಡುಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ ಎಂಬುದನ್ನು ವಿವೇಚಿಸೋಣ.

ಮೊದಲನೇ ಪ್ರಶ್ನೆಗೆ ೧೯೩೯ ನೆಯ ಸಾಲಿನಲ್ಲಿಯೇ ಅಮೇರಿಕಾ ದೇಶದ ಖ್ಯಾತವಿಜ್ಞಾನಿ ಹಾನ್ಸ್‌ಬೇಥೆಯವರು ತಮ್ಮ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಉತ್ತರವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದಿದ್ದಾರೆ. ಅವರ ಈ ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ೧೯೬೭ರಲ್ಲಿ ನೋಬೆಲ್ ಪಾರಿತೋಷಕವು ಸಹ ಸಿಕ್ಕಿದೆ. ಸೂರ್ಯನು ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕೊಡುವ ಒಂದು ಭೂತಾಕಾರದ ಯಂತ್ರ (Fusion Reactor) ಎಂದು ಇವರು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ. ಅಂದರೆ ಸೂರ್ಯಶಕ್ತಿಯು ಅವನಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಸಂಯೋಜಕ ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ

(Fusion or Thermo nuclear reactions) ಉತ್ಪನ್ನ ವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಯೋಜಕ ಸಮೀಕರಣಗಳಾವುವು ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಂದ ಹೇಗೆ ಇಂತಹ ಅದ್ಭುತ ಶಕ್ತಿಯು ಹುಟ್ಟುತ್ತದೆ ಎಂದು ನೋಡೋಣ.

ಸೂರ್ಯ ಗೋಲದ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅಗಾಧವಾದ ಉಷ್ಣತಾ ಮಾನ ಇರುತ್ತದೆ. ಅದು ಒಂದು ಕೋಟಿಯಿಂದ ಎರಡು ಕೋಟಿ ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡವರೆಗೆ ಇದೆ ಎಂದು ಅಂದಾಜು ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಇಷ್ಟು ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣತಾಮಾನದಲ್ಲಿ ಪದಾರ್ಥವು (matter), ಅಣುಗಳು ಮತ್ತು ಪರಮಾಣುಗಳಿಂದ(molecules) ಕೂಡಿರು-ವದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಅದು ಕೇವಲ ಬೀಜಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಋಣರೇಣುಗಳನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡ ಅಣುಗಳಿಂದಷ್ಟೇ ಕೂಡಿರು-ತ್ತದೆ. ಬಹಳಷ್ಟು ಋಣರೇಣುಗಳನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಧನವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ ಕಣಗಳು (stripped atoms) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ಬೀಜಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಧನವಿದ್ಯುತ್ ವಾಹಕ ಕಣಗಳು ಅಮೋಘವಾದ ಇಂಥ ಉಷ್ಣತೆಯಿಂದ ಬಹಳ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಲೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಇಷ್ಟು ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವ ಬೀಜಾಣುಗಳು ಅಥವಾ ಧನವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ ಕಣಗಳು ತಮ್ಮ ಒಂದನ್ನೊಂದು ನಿರಾಕರಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಬದಿಗೊತ್ತಿ ಒಂದರ ಸಮೀಪ ಮತ್ತೊಂದು ಬರುತ್ತವೆ. ಕೊನೆಗೆ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಕೂಡಿಕೊಂಡು ಮೂರನೇ ಬೀಜಾಣು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಕೂಡುವ ಈ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೆ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆ (Fusion reactions) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಪ್ರತಿಯೊಂದು

ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಅಣುಭಾರ **(atomic weight)** ಒಂದು ಇರುವ ನಾಲ್ಕು ಜಲಜನಕದ ಅಣುಗಳು ಒಂದುಗೂಡಿ ಅಣು ಭಾರ ನಾಲ್ಕು ಇರುವ ಹೀಲಿಯಂ ಅಣು ತಯಾರಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಎರಡು ಕೋಟಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ವೋಲ್ಟ್ (20 Mev) ಶಕ್ತಿಯು ಹೊರಡುತ್ತದೆ. ಈ ತತ್ವವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿಕೊಂಡೇ ಜಲಜನಕ ಬಾಂಬನ್ನು ತಯಾರು ಮಾಡಿರುತ್ತಾರೆ. ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ಒಂದು ಹೀಲಿಯಂ ಅಣು ನಿರ್ಮಾಣವಾದಾಗ ಎರಡು ಕೋಟಿ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ವೋಲ್ಟ್ (20 Mev) ನಷ್ಟು ಶಕ್ತಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಒಂದು ಪೌಂಡು ಹೀಲಿಯಂ ನಿರ್ಮಾಣವಾದಾಗ ೭೫ ಕೋಟಿ ಕಿಲೋವ್ಯಾಟ್ ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಒಂದು ಪೌಂಡು ಯುರೇನಿಯಂನ್ನು ಅಣುವಿಚ್ಛೇದನ ಯಂತ್ರ (fission reactor)ದಲ್ಲಿ ಪೃಥಃಕರಣಗೊಳಿಸಿದರೆ ೭.೫ ಕೋಟಿ ಕಿಲೋ ವ್ಯಾಟ್ ಶಕ್ತಿ ಹೊರಡುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಸಂಯೋಜಕ ಅಣು ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ (Fusion reactor) ಹತ್ತುಪಟ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಣು ವಿಚ್ಛೇದನ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಪೌಂಡು ಯುರೇನಿಯಂನ್ನು ಇಂಧನವೆಂದು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ ಹೊರಡುವ ಶಕ್ತಿಯು ೧೨,೫೦೦ ಟನ್ ಕಲ್ಲಿದ್ದಲನ್ನು ಸುಟ್ಟರೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸರಿಸಮಾನವಾದದ್ದು. ಆದರೆ ಸಂಯೋಜಕ ಅಣು ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕ ಅಣುಗಳ ಸಂಯೋಗದಿಂದ ಒಂದು ಪೌಂಡು ಹೀಲಿಯಂ ನಿರ್ಮಾಣವಾದಾಗ ಹೊರಡುವ

ಶಕ್ತಿಯು ೧೨೫೦೦೦ ಟನ್ನು ಕಲ್ಲಿದ್ದಲನ್ನು ಸುಟ್ಟರೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸರಿಸಮಾನವಾದುದು. ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿ ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯು ಹೊರಡುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ತಿಳಿಯುವ ಮೊದಲು ನಾವು ಪೃಥಃಕರಣ ಮತ್ತು ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಅಂತರವನ್ನು ತಿಳಿಯೋಣ.

ii) ಪೃಥಃಕರಣ ಮತ್ತು ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಲ್ಲಿಯ ಭೇದ:— ಪೃಥಃಕರಣ (fission) ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಭಾರವಾದ ಮೂಲ ವಸ್ತುಗಳು ಇಂಧನಗಳೆಂದು ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಇವು ಪೃಥಃಕರಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಐನ್‌ಸ್ಟಿನ್‌ನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ (Mass) ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಯ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ($E = mc^2$) ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಯಲ್ಲಿ ಹಗುರಾದ ಬೀಜಾಣುಗಳನ್ನು ಇಂಧನಗಳೆಂದು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಯಾಕೆಂದರೆ ಬೀಜಾಣುಗಳು ಧನವಿದ್ಯುತ್ತಿನಿಂದ ಕೂಡಿದ ಕಣಗಳು. ಆದ್ದರಿಂದ ಎರಡು ಬೀಜಾಣುಗಳು ಒಂದನ್ನೊಂದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನಿರಾಕರಿಸುತ್ತವೆ.

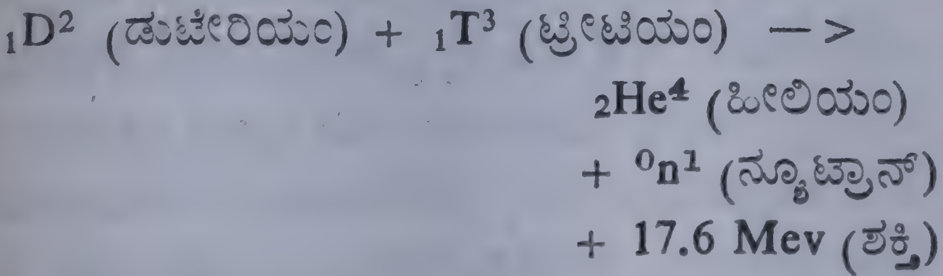
ನಿರಾಕರಿಸುವ ಒತ್ತಡ (Force of repulsion) $= \dfrac{z_1 \; z_2 \; e^2}{r^2}$

ಇಲ್ಲಿ z_1 ಮತ್ತು z_2 ಇವು ಎರಡು ಬೀಜಾಣುಗಳ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ, e - ಅಂದರೆ ಚಾರ್ಜ್ (Charge), r –

ಎರಡು ಬೀಜಾಣುಗಳ ನಡುವಿನ ಅಂತರ. ಎರಡು ಬೀಜಾಣು
ಗಳು ಸುಲಭವಾಗಿ ಒಂದನ್ನೊಂದು ಕೂಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ
ನಿರಾಕರಿಸುವ ಒತ್ತಡವು ಆದಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಇರಬೇಕು. ಕಡಿಮೆ
ಧನವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣಗಳುಳ್ಳ ಹಗುರಾದ ಬೀಜಾಣುಗಳು ಒಂದ
ಕ್ಕೊಂದು ಸಮೀಪ ಬಂದಾಗ ನಿರಾಕರಿಸುವ ಒತ್ತಡವು ಸ್ವಾಭಾ
ವಿಕವಾಗಿ ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಬಹಳ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣ
ಗಳುಳ್ಳ ಭಾರವಾದ ಬೀಜಾಣುಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಹತ್ತಿರ
ಬಂದಾಗ ನಿರಾಕರಿಸುವ ಒತ್ತಡವು ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದ
ರಿಂದ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಯು ಸುಲಭವಾಗಿ ನಡೆಯಬೇಕಾದರೆ
ಹಗುರಾದ ಬೀಜಾಣುಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಜಲಜನ
ಕವು ಅತಿ ಹಗುರಾದ ಮೂಲವಸ್ತುವು. ಎರಡು ಜಲಜನಕದ
ಬೀಜಾಣುಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಹತ್ತಿರ ಬಂದಾಗ ನಿರಾಕರಿಸುವ
ಒತ್ತಡವು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಂಯೋ
ಜಕ ಕ್ರಿಯೆಯ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ **(Fusion reactor)** ಜಲಜನಕ
ವನ್ನು ಇಂಧನವೆಂದು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಇಲ್ಲಿ ಅತಿ ವೇಗ
ದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ಜಲಜನಕದ ಬೀಜಾಣುಗಳು ನಿರಾಕರಿಸುವ
ಒತ್ತಡವನ್ನು ಮೀರಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಡಿದಾಗ ಸಂಯೋಜಕ
ಕ್ರಿಯೆ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಎರಡು ಜಲಜನಕದ ಬೀಜಾ
ಣುಗಳ ಸಂಯೋಗದಿಂದ ಮೂರನೇ ಬೀಜಾಣು ತಯಾರಾಗು
ತ್ತದೆ. ಈ ಮೂರನೇ ಬೀಜಾಣುವಿನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಮೊದ
ಲಿನ ಎರಡು ಜಲಜನಕದ ಬೀಜಾಣುಗಳ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಗಳ ಒಟ್ಟು
ಮೊತ್ತಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ಕಡಿಮೆ

ಯಾದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯು ಐನ್‌ಸ್ಟಿನ್‌ನ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿ ನಿಯಮದ ($E = mc^2$) ಪ್ರಕಾರ ಶಕ್ತಿಯಾಗಿ ರೂಪಾಂತರವಾಗುತ್ತದೆ.

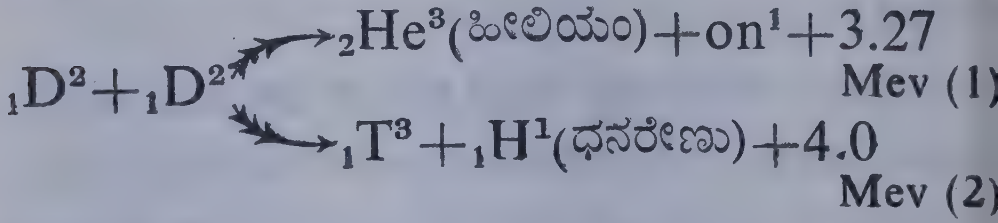
iii) **ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿ ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯು ಹೊರಡುವ ವಿಧಾನ:** ಜಲಜನಕವು ಸಂಯೋಜನೆ ಹೊಂದಲು ಅಷ್ಟು ಸಮರ್ಥವಲ್ಲ. ಆದರೆ ಜಲಜನಕದ ಐಸೋಟೋಪು (Isotopes) ಗಳಾದ ಡುಟೇರಿಯಂ (Deutarium) ಮತ್ತು ಟ್ರೀಟಿಯಂ (Tritium) ಇವು ಸಂಯೋಜನೆ ಹೊಂದುವಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಸಮರ್ಥವಿವೆ. ಡುಟೇರಿಯಂ ಬೀಜಾಣುವಿನಲ್ಲಿ, ಒಂದು ಧನರೇಣು (Proton) ಮತ್ತು ಒಂದು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಇರುತ್ತವೆ. ಟ್ರೀಟಿಯಂ ಬೀಜಾಣುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಧನರೇಣು ಮತ್ತು ಎರಡು ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದಂತಹವುಗಳಿರಬಹುದೆಂದು ನಾವು ತಿಳಿಯಬಹುದು.



$$ {}_1D^2 \text{ (ಡುಟೇರಿಯಂ)} + {}_1T^3 \text{ (ಟ್ರೀಟಿಯಂ)} \longrightarrow {}_2He^4 \text{ (ಹೀಲಿಯಂ)} + {}^0n^1 \text{ (ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್)} + 17.6 \text{ Mev (ಶಕ್ತಿ)} $$

ಇಲ್ಲಿ ಡುಟೇರಿಯಂ ಮತ್ತು ಟ್ರೀಟಿಯಂ ಬೀಜಾಣುಗಳು ಸಂಯೋಜನೆ ಹೊಂದಿ ಹೀಲಿಯಂ ಬೀಜಾಣು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಿರ್ಮಾಣವಾಗುವದಲ್ಲದೆ 17.6 mev. ಶಕ್ತಿ ಹೊರಡುತ್ತದೆ. ಇದಲ್ಲದೆ ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಎರಡು

ಡುಟೇರಿಯಂ ಬೀಜಾಣುಗಳ ಸಂಯೋಗದಿಂದಲೂ ಸಂಯೋಜಕ
ಶಕ್ತಿಯು ಹೊರಡಲು ಸಾಧ್ಯ.

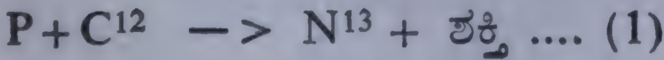


ಮೇಲಿನ ಎರಡು ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಡುಟೇರಿಯಂ ಬೀಜಾಣುಗಳ ಸಂಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದನೇ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಹೀಲಿಯಂ ಬೀಜಾಣು ಮತ್ತು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ನಿರ್ಮಾಣವಾಗಿ 3.27 Mev ಶಕ್ತಿಯು ಹೊರಡುತ್ತದೆ. ಎರಡನೇ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಟ್ರೀಟಿಯಂ ಬೀಜಾಣು ಮತ್ತು ಧನರೇಣು (Proton) ನಿರ್ಮಾಣವಾಗಿ ೪.೦ ಮಿ. ಎ. ಹೊ. ಶಕ್ತಿಯು ಹೊರಡುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿ ನಾವು ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿಯ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪತ್ತಿಯನ್ನು ವಿವರಿಸ-ಬಹುದು.

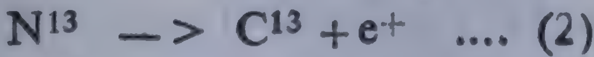
ಇನ್ನು ಸೂರ್ಯನು ಕೋಟ್ಯಾನುಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳಿಂದಲೂ ಒಂದೇ ತರಹದ ಉಷ್ಣತೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಖರತೆಯಿಂದ ಏಕೆ ಬೆಳಗುತ್ತಾ ಬಂದಿದ್ದಾನೆ ಮತ್ತು ಮುಂದೆಯೂ ಇದೇ ಪ್ರಕಾರ ಏಕೆ ಬೆಳಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತಾನೆ ಎಂಬುದನ್ನು ವಿವೇಚಿಸೋಣ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ ಒಂದು ದೀಪವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ದೀಪವು ಒಂದೇ ಸಮನೆ ಉರಿದು ಉಷ್ಣತೆ ಮತ್ತು ಬೆಳಕನ್ನು ಕೊಡಬೇಕಾದರೆ ಅದರಲ್ಲಿ ಸದಾವಕಾಲವೂ ಎಣ್ಣೆ ಇರಬೇಕು. ಅಂದರೆ ನಾವು ಎಣ್ಣೆಯನ್ನು ಹಾಕುತ್ತಲೇ ಇರಬೇಕು. ದೀಪವು ಉರಿದು ಎಣ್ಣೆ ತೀರಿದ ಹಾಗೆ ಮತ್ತೆ ಎಣ್ಣೆಯನ್ನು ಹಾಕದ ವಿನಹ ಅದು ಉರಿಯುವದಿಲ್ಲ

ಆದ್ದರಿಂದ ದೀಪವು ನಿರಂತರವೂ ಉರಿದು ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ಉಷ್ಣತೆಗಳನ್ನು ಕೊಡಬೇಕಾದರೆ, ಅದರಲ್ಲಿಯ ಎಣ್ಣೆ ತೀರಿದ ಹಾಗೆ ಮತ್ತೆ ಹಾಕುತ್ತಲೇ ಇರಬೇಕು. ದೀಪದಂತೆ ಸೂರ್ಯನು ಸದಾವಕಾಲ ಬೆಳಗಬೇಕಾದರೆಅವನಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ಬೆಳಕು ಮತ್ತು ಉಷ್ಣತಾ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊರಡಿಸಲಿಕ್ಕೆ ವೆಚ್ಚವಾದ ಇಂಧನವು ಬೇರೆ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನೈಸರ್ಗಿಕವಾಗಿ ಪೂರೈಸಲ್ಪಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಯಾಕೆಂದರೆ ಮಾನವನು ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿ ಹೋಗಿ ಇಂಧನವನ್ನು ಹಾಕುವದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ವೆಚ್ಚವಾದ ಇಂಧನವು ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿ ಮರಳಿ ಹೇಗೆ ದೊರೆಯುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅಮೇರಿಕಾ ದೇಶದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಾದ ಬೇಥೆ(Bethe)ಮತ್ತು ವೈಜಾಕರ(Weizacker) ಇವರು ೧೯೩೯ ರಲ್ಲಿಯೇ ತಮ್ಮ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ತೋರಿಸಿ ಕೊಟ್ಟರು. ಈ ವಿಧಾನಕ್ಕೆ ಇಂಗಾಲ (carbon) ಸಸಾರಜನಕ (Nitrogen) ಚಕ್ರ (Cycle) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಅದು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಇರುತ್ತದೆ.

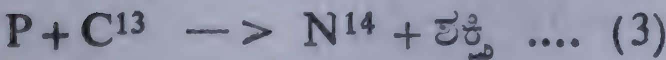
ಇಂಗಾಲ ಸಸಾರಜನಕ ಚಕ್ರ (C. N. Cycle.):—



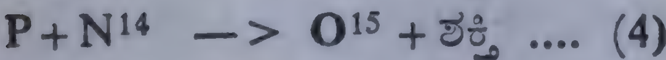
$P + C^{12} \longrightarrow N^{13} +$ ಶಕ್ತಿ .... (1)



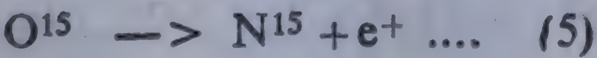
$N^{13} \longrightarrow C^{13} + e^{+}$ .... (2)



$P + C^{13} \longrightarrow N^{14} +$ ಶಕ್ತಿ .... (3)



$P + N^{14} \longrightarrow O^{15} +$ ಶಕ್ತಿ .... (4)



$O^{15} \longrightarrow N^{15} + e^{+}$ .... (5)



$P + N^{15} \longrightarrow C^{12} + He_{4}$ .... (6)



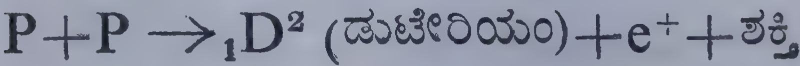
ಮುಖ್ಯವಾಗಿ $4P \longrightarrow He^{4} + 2e^{+} + 26.7$ Mev

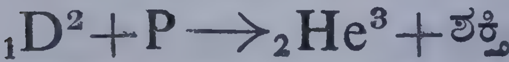
ಇಲ್ಲಿ P ಅಂದರೆ ಧನರೇಣು (Proton).

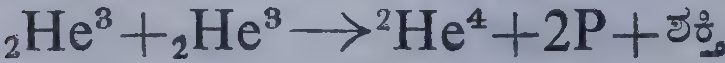
C^{12}, C^{13} ಇವು ಇಂಗಾಲದ ಐಸೋಟೋಪುಗಳು.

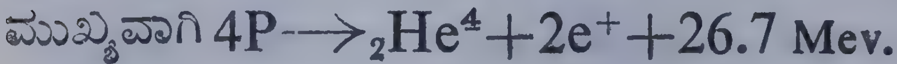
N^{13}, N^{14}, N^{15} ಇವು ಸಸಾರಜನಕದ ಐಸೋಟೋಪುಗಳು. O^{15} ಇದು ಆಮ್ಲಜನಕ, e^{+} ಅಂದರೆ ಪಾಸಿಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು He^{4} ಅಂದರೆ ಹೀಲಿಯಂ.

ಮೇಲಿನ ಚಕ್ರದಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲದಿಂದ (C^{12}) ಸುರುವಾದ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಇಂಗಾಲವನ್ನು ಕೊಡುವು-ದಲ್ಲದೆ ಹೀಲಿಯಮ್ಮನ್ನು ಸಹ ಕೊಡುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಂಗಾಲವು ಮರಳಿ ದೊರೆತು ೨೬. ೭ ಮಿ. ಎ. ಹೊ. ಶಕ್ತಿಯು ಹೊರಡುತ್ತದೆ. ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಇಂಗಾಲ ಮತ್ತು ಸಸಾರಜನಕ ಚಕ್ರದ ಸಮೀಕರಣಗಳೇ ನಡೆಯುತ್ತವೆ. ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ನಡೆಯಬಹುದಾದ ಇನ್ನೊಂದು ಚಕ್ರದಲ್ಲಿ ಧನ-ರೇಣುಗಳು ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿ ಹೀಲಿಯಮ್ ತಯಾರಾಗುವದರೊಂದಿಗೆ ಶಕ್ತಿಯೂ ಹೊರಡುತ್ತದೆ.ಈ ಚಕ್ರಕ್ಕೆ ಧನರೇಣು-ಸರಪಳಿ (proton-proton chain) ಎಂದು ಕರೆ-ಯುತ್ತಾರೆ. ಅದು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದಂತೆ ಇದೆ.









ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ $_{2}He^{3}$ ಮತ್ತು $_{2}He^{4}$ ಇವುಗಳು ಹೀಲಿಯಂದ ಐಸೋಟೋಪುಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಈಗಾ-

ಗಲೆ ವಿವೇಚಿಸಿದ ಸಂಯೋಜಕ ಸಮೀಕರಣಗಳು ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವದರಿಂದಲೇ ಅವನು ಯಥಾಪ್ರಕಾರವಾದ ಉಷ್ಣತೆ ಮತ್ತು ಪ್ರಖರತೆಯಿಂದ ಬೆಳಗುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತಾನೆ.

iv) ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯುವದು :— ಶಕ್ತಿಯ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾದ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿರುವಾಗ ಅಂತಹ ವನ್ನೆ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ನಡೆಯುವಂತೆ ಏಕೆ ಮಾಡಬಾರದು? ಭೌಗೋಲಿಕವಾಗಿ ನಮಗೆ ಗೊತ್ತಿರುವಂತೆ ಜಗತ್ತಿನ ೩/೪ ಭಾಗ ನೀರು, ಉಳಿದ ೧/೪ ಭಾಗ ಮಾತ್ರ ನೆಲ. ಅನೇಕ ಮಹಾಸಾಗರ-ಗಳಲ್ಲಿರುವ ಇಷ್ಟು ದೊಡ್ಡಪ್ರಮಾಣದ ನೀರು ನಮಗೆ ನೈಸರ್ಗಿಕ-ವಾಗಿ ಸಿಗುತ್ತಿರುವಾಗ ಅದರ ಉಪಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಿಕೊಂಡು ಹೊಸದಾದ ಅದ್ಭುತ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮಾನವ ಜನಾಂಗಕ್ಕೆ ಕೊಡಲು ಜಗತ್ತಿನ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಆಳವಾಗಿ ಯೋಚಿಸಿ ಮಹತ್ತರವಾದ ಸಂಶೋಧನೆಯಲ್ಲಿ ತೊಡಗಿದ್ದಾರೆ. ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಪಡೆಯುವದರಲ್ಲಿ ಜಯಗಳಿಸುವದೇ ಈ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಉದ್ದೇಶ. ನೀರು,ಜಲಜನಕ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕ ಗಳ ಸಂಯೋಗದಿಂದ ತಯಾರಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಂತೆ ಭಾರವಾದ ನೀರು, (**Heavy water**),-ಡುಟೇರಿಯಂ ಮತ್ತು ಆಮ್ಲಜನಕ ಗಳ ಸಂಯೋಗದಿಂದ ತಯಾರಾಗಿರುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಶ್ಲೇಷಣ (**Electrolysis**) ವಿಧಾನದಿಂದ ಸಮುದ್ರದ ನೀರಿನಲ್ಲಿರುವ ಜಲಜನಕ ಮತ್ತು ಡುಟೇರಿಯಂ ಇವುಗಳನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಹೊರತೆಗೆಯಬಹುದು. ಹೊರಗೆ ತೆಗೆದ ಡುಟೇರಿಯಂ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕಗಳನ್ನು ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊರಡಿಸುವ

ಸಂಯೋಜಕ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ (Fusion reactor) ಇಂಧನಗಳೆಂದು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಈ ಸಂಶೋಧನಾ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಜಯ ಗಳಿಸಲು ನಮಗೆ ಬಹಳ ತಾಳ್ಮೆ ಮತ್ತು ಕಾಲಾವಧಿ ಬೇಕೆಂಬುದು ನಿಜ. ಇಟಲಿ ದೇಶದ ಸುಂದರ ನಗರವಾದ ರೋಮವನ್ನು ಒಂದೇ ದಿನದಲ್ಲಿ ಕಟ್ಟಲಾಗಿಲ್ಲ. ಅದರಂತೆ ಯಾವುದೇ ರೀತಿಯ ಹೊಸ ಶಕ್ತಿಯ ಸುಧಾರಿತಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವಲ್ಲಿ ಬಹಳ ವೇಳೆ, ಹಣ ಮತ್ತು ಅನುಭವಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇದ್ದೇ ಇದೆ. ರೈಲು ಗಾಡಿಯ ಉಗಿಯಂತ್ರಗಳು ಶೋಧವಾಗುವದಕ್ಕಿಂತ ಮೊದಲು ನೀರಿನ ಉಗಿಯಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿಯು ಅಡಗಿರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದನ್ನು ಉಪಯೋಗ ಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು ಎಂಬುದು ಯಾರಿಗೆ ತಿಳಿದಿತ್ತು? ಜಲಶಕ್ತಿಯ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹುಟ್ಟಿ-ಸಲು ಸಾಧ್ಯ ಎಂಬುದು ಮಾನವನಿಗೆ ಗೊತ್ತಾಗುವ ಮೊದಲು ಅದೆಷ್ಟು ಶತಮಾನಗಳಕಾಲ ನಿಸರ್ಗದಲ್ಲಿಯ ನೀರು ಹಾಗೇ ಹರಿದು ಹೋಗಿಲ್ಲ! ಅದೇ ಪ್ರಕಾರ ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಿತ್ಯೋಪಯೋಗಕ್ಕಾಗಿ ಪಡೆಯುವ ವಿಧಾನಗಳು ಇನ್ನೂ ಪ್ರಗತಿ ಪಥಗಳಲ್ಲಿವೆ. ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಬೇಕಾಗು-ವ ಮೂಲ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸುವ ಮೊದಲು ಈ ಶಕ್ತಿಯೇ ಏಕೆ ಬೇಕು ಎಂಬುದು ಕೆಳಗಿನ ಕೆಲವು ಅಂಶತಃ ಸ್ಪಷ್ಟೀಕರಣ-ಗಳಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ.

---

೫. ಈ ಶಕ್ತಿಯೇ ಏಕೆ?

i) **ಅಪರಿಮಿತ ಮತ್ತು ಮಿತವ್ಯಯದ ಸಂಚಯ:** ಹಳ್ಳ-ಕೊಳ್ಳಗಳ ಮತ್ತು ಸಮುದ್ರದ ನೀರಿನಲ್ಲಿರುವ ಒಟ್ಟು ಡುಟೇರಿ-ಯಂದ ಮೊತ್ತ $೧೦^{೧೨}$ ಟನ್‌ಗಳಷ್ಟಾಗಬಹುದೆಂದು ಅಂದಾಜು ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಇದು ಸಂಯೋಜಕ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ (**Fusion reactor**) ಇಂಧನವೆಂದು ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟರೆ ಹೊರಡುವ ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯು ಕನಿಷ್ಠ ಪಕ್ಷ $೧೦^{೩೧}$ ಕಿ. ವ್ಯಾ. ವರ್ಷಗಳು. ಜಗತ್ತಿನ ಮಾನವ ಜನಾಂಗವು ಪ್ರತಿ ವರ್ಷ ವೆಚ್ಚಮಾಡುವ ಶಕ್ತಿಯ ಅಂದಾಜು ೪×೧೦^{೯} ಕಿ. ವ್ಯಾಟುಗಳಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತಿರುವ ಜಗತ್ತಿನ ಜನಸಂಖ್ಯೆ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬರಿಗೂ ಬೇಕಾಗುವ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿನ ಶಕ್ತಿಯ ಬೇಡಿಕೆ ಇವುಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೂ ಈಗ ಲಭ್ಯವಿರುವ ಡುಟೇರಿಯಂ ಸುಮಾರು ಎರಡು ಸಾವಿರ ಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳ ವರೆಗೆ ಸಾಕಾಗಬಲ್ಲದು. ಮೇಲಾಗಿ ಈ ಇಂಧನದ ಉತ್ಪಾದನೆಯ ಖರ್ಚು ಅತ್ಯಲ್ಪ.ಒಂದು ಗ್ರ್ಯಾಂ ಡುಟೇರಿಯಂನ್ನು ನೀರಿನಿಂದ ತೆಗೆಯಲು ಕೇವಲ ೩೦ ಪೈಸೆ ವೆಚ್ಚವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇದೇ ಒಂದು ಗ್ರ್ಯಾಮ್ ಡುಟೇರಿಯನ್ನು ಸಂಯೋಜಕ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ (**Fusion reactor**) ಇಂಧನವೆಂದು ಉಪಯೊಗಿಸಿದಾಗ ಹೊರಡುವ ಶಕ್ತಿಯು ೩೦೦ ಗ್ಯಾಲನ್ ಗ್ಯಾಸೋಲಿನ್ ಎಣ್ಣೆಯನ್ನು ಸುಟ್ಟರೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಗೆ ಸರಿಸಮಾನವಾದದ್ದು. ಏಕೆಂದರೆ ಒಂದು ಗ್ರ್ಯಾಮ್ ಡುಟೇರಿಯಮ್‌ನಿಂದ ೮×೧೦^{೧೦} ಕೆಲರಿಯಷ್ಟು ಉಷ್ಣತೆ

ಹುಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಒಂದು ಗ್ರ್ಯಾಂ ಗ್ಯಾಸೋಲಿನ್ ಎಣ್ಣೆಯನ್ನು ಸುಡುವದರಿಂದ ೩×೧೦^{೨} ಕೆಲರಿ ಉಷ್ಣತೆಯಷ್ಟೇ ಹೊರಡುತ್ತದೆ.

ii) **ಸುರಕ್ಷಿತತೆ:—** ನಿಯಂತ್ರಿತ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ವಿಧಾಯಕವು ಸುರಕ್ಷಿತವಾದದು. ಯಾಕೆಂದರೆ ಸಂಯೋಜಕ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಇಂಧನವು ಯಾವಾಗಲೂ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಹುಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಯಾವುದೇ ರೀತಿಯ ಸ್ಫೋಟ ಮತ್ತು ಅಪಾಯಕಾರಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಾಗುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇರುವದಿಲ್ಲ.

iii) **ವಿಕಿರಣ ಶೀಲ (Radio-active) ವಸ್ತುಗಳ ಅಭಾವ:** ಪೃಥಃಕರಣ (fission) ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಬಹಳವಾಗಿ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳು ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಅದೇ ಸಂಯೋಜಕ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳು ಹುಟ್ಟುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಹೇಳಿಕೊಳ್ಳುವಷ್ಟು ಇರುವದಿಲ್ಲ.ಆದ್ದರಿಂದ ವಿಕಿರಣಶೀಲ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಕಡೆಗೆ ಸ್ಥಳಾಂತರಿಸುವ ಪ್ರಶ್ನೆಯೇ ಇಲ್ಲ ಮತ್ತು ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಇವು ಕೂಡಿಕೊಂಡು ಅಪಾಯವನ್ನುಂಟು ಮಾಡುವ ಭಯವೂ ಇಲ್ಲ. ಆದರೂ ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್ ಮತ್ತು ಅನೇಕ ಅಪಾಯಕಾರಿ ಕಿರಣಗಳು ಹೊರಗೆ ಹೋಗದಂತೆ ಮಾಡಲು ಸಂಯೋಜಕ ಯಂತ್ರದ ಸುತ್ತಲೂ ಸರಿಯಾದ ಹೊದಿಕೆಯನ್ನು(Shielding) ಹಾಕಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

iv) ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿ ನಿರ್ಮಾಣ :— ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಯ ವಿಧಾಯಕವು ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹುಟ್ಟಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ಅತಿ ಮಹತ್ವವಾದ ಸಂಗತಿ. ಈ ಸಾಧನೆಯಿಂದ ನಾವು ಅಸಮರ್ಥ ಮತ್ತು ಅತಿ ವೆಚ್ಚದ ಹಂತವಾದ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಚಕ್ರವನ್ನು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಬಿಟ್ಟುಬಿಡಬಹುದು.

---

೬. ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ಮೂಲ ಅವಶ್ಯಕತೆಗಳು

(i) **ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣತೆ :—** ಪೃಥಃಕರಣ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯಲಿಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಉಷ್ಣತೆ ಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯಲು ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣತೆಬೇಕು. ಯಾಕೆಂದರೆ ಎರಡು ಬೀಜಾಣುಗಳು ಒಂದ ಕ್ಕೊಂದು ಸಮೀಪ ಬಂದಾಗ, ಕಡಿಮೆ ವಿಸ್ತೀರ್ಣವುಳ್ಳ (Short-range) ಅವುಗಳ ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿ ದ್ವಂದ್ವ ನಡೆದು (Inter.action) ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಸಂಯೋಗವಾಗುತ್ತವೆ. ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಎರಡು ಬೀಜಾಣುಗಳು ಒಂದ ನ್ನೊಂದು ನಿರಾಕರಿಸುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ಈ ಹಿಂದೆ ಹೇಳಿರು ವಂತೆ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ನಿರಾಕರಿಸುವ ಒತ್ತಡವಿರುತ್ತದೆ (Force of repulsion). ಈ ನಿರಾಕರಿಸುವ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಮೀರಿ ಬೀಜಾಣುಗಳ ಸಂಯೋಗವಾಗಬೇಕಾದರೆ ಅವುಗಳು ಅತಿ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಡಿಯಬೇಕು. ಇಂಥ-ನಕ್ಕೆ ಅತಿಯಾದ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಕೊಡುವದರಿಂದ ಬೀಜಾಣು ಗಳು ತೀವ್ರ ಗತಿಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ತೀವ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಿ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಡಿಯುವ ಬೀಜಾಣುಗಳು ಸಂಯೋಗವಾಗುವ ಬದಲು ಚದುರುವ (elastic scattering) ಸಾಧ್ಯತೆಯೂ ಇದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸಾಧ್ಯತೆ ಹೆಚ್ಚಾಗ ಬೇಕಾದರೆ, ಬೀಜಾಣುಗಳ ಚಲನೆಯು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಳಮಾನದಲ್ಲಿ

ಸೀಮಿತಗೊಳ್ಳಬೇಕು (Confinement). ಚಲನೆಯು ಈ ರೀತಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಳಮಾನದಲ್ಲಿ ಸೀಮಿತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಹಲವು ವಿಧಾನಗಳು ಉಂಟು. ಆ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ನಾವು ಮುಂದೆ ಆಲೋಚಿಸೋಣ. ಇಲ್ಲಿ ಬೀಜಾಣುಗಳು ಮೇಲಿಂದ ಮೇಲೆ ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಡಿದು ಕೊನೆಗೆ ಸಂಯೋಜನೆ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ನಿರಾಕರಿಸುವ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಮೀರಿ ಸಂಯೋಗವಾಗುವ ಬೀಜಾಣುಗಳ ಗತಿ ಶಕ್ತಿಯು (Kinetic energy) ಸುಮಾರು ಹತ್ತು ಕೋಟಿ ಡಿಗ್ರಿ ಕೆಲ್ವಿನ ಉಷ್ಣತೆಗೆ ಸರಿಸಮಾನವಾಗಿರುತ್ತವೆ.

(ii) **ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಇಂಧನ ಸಾಂದ್ರತೆ (Low-density)** :— ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯಲು ಬೇಕಾಗುವ ಇಂತಹ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಇಂಧನದ ಅಣುಗಳು ಪೂರ್ತಿ ಅಯಾನೀಕೃತ (Ionised) ಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಪೂರ್ಣ ಅಯಾನೀಕೃತ ಅನಿಲ (Ionised gas) ಇಲ್ಲವೆ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ (Plasma) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಇದನ್ನು ಪದಾರ್ಥದ ನಾಲ್ಕನೆಯ ರೂಪವೆಂದು (Fourth State of matter) ಪರಿಗಣಿಸುತ್ತಾರೆ. (ಪದಾರ್ಥದ ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಮೂರು ರೂಪಗಳು ಘನ, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲ). ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದಲ್ಲಿ ಅತಿ ವೇಗವಾಗಿ ಎಲ್ಲ ಕಡೆಗೂ ಚಲಿಸುವ ಬೀಜಾಣುಗಳು ಮತ್ತು ಋಣರೇಣುಗಳು ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಚಲನೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದಲ್ಲಿ ಒತ್ತಡವು ಹುಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಈ ಒತ್ತಡವು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ

ವ್ಯಾಪಕವಾಗಿರುವ ಪಾತ್ರೆಯ ಗೋಡೆಗಳ ಮೇಲೆ ಬಂದು ಅಪ್ಪಳಿಸುತ್ತದೆ. ಅಪ್ಪಳಿಸುವ ಒತ್ತಡದ ಗಾತ್ರವು ಇಂಧನದ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಪ್ರಮಾಣದ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣವಲ್ಲಿ ಇಂಧನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ ಕಡಿಮೆ ಗಾತ್ರದ ಅಪ್ಪಳಿಸುವ ಒತ್ತಡ ನಿರ್ಮಾಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಪ್ರಕಾರ ಹೆಚ್ಚಿನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಇಂಧನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವದರಿಂದ ಹೆಚ್ಚಿನ ಗಾತ್ರದ ಒತ್ತಡವು ನಿರ್ಮಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಅಪ್ಪಳಿಸುವ ಒತ್ತಡವು ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯುವ ಇಷ್ಟು ದೊಡ್ಡ ಉಷ್ಣತಾಮಾನದಲ್ಲಿ ಮಿತವಾಗಿರಬೇಕು. ಇಂಧನದ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಒಂದು ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ ೧೦^೧೫ ಕಣಗಳಷ್ಟು ಇಡುವದರಿಂದ ಅಪ್ಪಳಿಸುವ ಒತ್ತಡದ ಗಾತ್ರ ಮಿತಿಯಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯ. ಈ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ವಾತಾವರಣದ ಹತ್ತುಸಾವಿರದಲ್ಲಿಯ ಒಂದು ಭಾಗದಷ್ಟಿರುವದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನಿರ್ವಾತವೆಂದು ಗಣಿಸಬಹುದು. ಇಂಧನದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಸಂಯೋಜಕ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿಯೂ ಇರಬಾರದು. ಏಕೆಂದರೆ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯ ಗಾತ್ರವೂ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಸರಿಯಾದ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪಾದನೆಯಾಗಲು ಇಂಧನದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದು ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ ೧೦^೧೪ ರಿಂದ ೧೦^೧೬ ರಷ್ಟು ಕಣಗಳಂತೆ ಇರಬೇಕಾಗುವದು.

iii) ನಿರಂತರವಾಗಿ ನಡೆಯಬೇಕಾದ ವಿಧಾನ (Self-sustaining Process) :— ಸಂಯೋಜಕ ವಿಧಾಯಕದಲ್ಲಿ ಸಂಯೋಗ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಿರಂತರವಾಗಿ ನಡೆಯಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. ವಿಶಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯುವ ಹಾಗೆ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಉಷ್ಣತಾಮಾನವು ಒಂದು ಹಂತಕ್ಕೆ ಏರಿದಾಗ ಹೊರಡುವ ಶಕ್ತಿಯು ಮತ್ತೆ ಅದೇ ಉಷ್ಣತಾಮಾನವು ಉಳಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಹೊರಡುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣ, ವಿಧಾಯಕದ ಉಷ್ಣತೆಯ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, ಹುಟ್ಟುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವೂ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಸಮೀಕರಣ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯುವ ವಿಭಾಗದಿಂದ ಶಕ್ತಿಯ ನಾಶವೂ ಕೆಲ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಆಗುತ್ತದೆ. ಅನೇಕ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಈ ಶಕ್ತಿಯು ನಾಶವಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದಿಂದ ಹೊರಡುವ ವಿಕಿರಣ (Radiations) ಗಳು ಶಕ್ತಿಯ ನಾಶದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದವುಗಳು. ಅತಿ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣಗಳು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ಬಡಿದಾಡಿದಾಗ ವಿಕಿರಣಗಳು ಹೊರಟು ಶಕ್ತಿಯು ನಾಶವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಕಾರ ವಿಕಿರಣಗಳು ಹೊರಡುವ ವಿಧಾನಕ್ಕೆ ಬ್ರೆಮ್‌ಸ್ಟ್ರಾಲಂಗ್ (Bremsstrahlung) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಬ್ರೆಮ್‌ಸ್ಟ್ರಾಲಂಗ್ ವಿಧಾನದಿಂದ ನಾಶವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವೂ ಉಷ್ಣತೆಯ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಸಂಯೋಜಕ ವಿಧಾಯಕದ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿದರೆ, ನಾಶವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಹೊರಡುವ

ಶಕ್ತಿಗಿಂತ ನಾಶವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚಾದರೆ, ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರಲಿಕ್ಕೆ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ ಅಲ್ಲಿಯ ಉಷ್ಣತಾಮಾನವು ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ವಿಧಾಯಕದಲ್ಲಿ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಿರಂತರವಾಗಿ ನಡೆಯಬೇಕಾದರೆ, ಅಲ್ಲಿ ಹುಟ್ಟುವ ಶಕ್ತಿಯ ಗಾತ್ರವು ನಾಶವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಗಾತ್ರಕ್ಕಿಂತ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಇರಬೇಕು. ವಿಧಾಯಕದ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು, ಒಂದು ವಿಶಿಷ್ಟ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೂ ಮೇಲೆ ಹೆಚ್ಚಿಸಿದಾಗ ಹುಟ್ಟುವ ಶಕ್ತಿಯ ಗಾತ್ರವು, ನಾಶವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಗಾತ್ರಕ್ಕಿಂತ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಇರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಕಂಡು ಬಂದಿದೆ. ವಿಧಾಯಕದ ಈ ವಿಶಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣತಾಮಾನಕ್ಕೆ "ಉರಿಯುವ ಉಷ್ಣತಾಮಾನ" **(Ignition temperature)** ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಜಲಜನಕದ ರೂಪಕಗಳಾದ **(Isotopes)** ಡುಟೇರಿಯಮ್ ಬೀಜಾಣುಗಳ ಸಂಯೋಗವಾಗಲು, ಉರಿಯುವ ಉಷ್ಣತಾಮಾನ ೪೦ ಕೋಟಿ ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದೂ ಹಾಗೂ ಡುಟೇರಿಯಂ ಮತ್ತು ಟ್ರೀಟಿಯಂ ಬೀಜಾಣು-ಗಳ ಸಂಯೋಗವಾಗಲು ಸುಮಾರು ೫ ಕೋಟಿ ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದೂ ಅಂದಾಜು ಮಾಡಲಾಗಿದೆ.

iv) **ಅತಿ ಶುದ್ಧವಾದ ಇಂಧನ:—** ಸಂಯೋಜನ ವಿಧಾಯಕದಲ್ಲಿ ಇಂಧನವೆಂದು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಜಲಜನಕ, ಡುಟೇರಿಯಂ ಅಥವಾ ಟ್ರೀಟಿಯಂ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ, ಭಾರವಾದ ಬೀಜಾಣುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಅನಿಲವು ಮಿಶ್ರವಾಗಿದ್ದರೆ ವಿಕಿರಣ-

ಗಳ ಮೂಲಕ ನಾಶವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣವು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾ-
ಗುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಮಿಶ್ರಿತ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು
ನಡೆಯಬೇಕಾದರೆ, ಉರಿಯುವ ಉಷ್ಣತಾಮಾನವನ್ನು ಇನ್ನೂ
ಹೆಚ್ಚಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಇಂಧನವೆಂದು ಉಪ-
ಯೋಗಿಸುವ ಅನಿಲವು ಅತಿ ಹಗುರಾಗಿರಬೇಕು ಮತ್ತು
ಯಾವದೇ ತರಹದ ಭಾರವಾದ ಬೀಜಾಣುಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ
ಅನಿಲವು ಎಷ್ಟೂ ಮಿಶ್ರವಾಗಿರಬಾರದು. ಇಂಥ ಪರಿಶುದ್ಧವಾದ
ಮತ್ತು ಹಗುರಾದ ಇಂಧನಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವದರಿಂದ,
ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ಕೇವಲ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ೪೦ ಕೋಟಿ
ಇಲ್ಲವೇ ೫ ಕೋಟಿ ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ ಉರಿಯುವ ಉಷ್ಣತಾ
ಮಾನದಲ್ಲಿಯೇ ನಡೆದು, ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನ
ವಾಗುತ್ತದೆ.

v) ಅತಿ ಉಷ್ಣತೆಯುಳ್ಳ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸೀಮಿತಗೊಳಿಸುವದು (Adequate confinement):— ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ವೇಳೆಯ
ವರೆಗೆ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡುವದರಿಂದ ಅತಿ ವೇಗದಲ್ಲಿ
ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಬೀಜಾಣುಗಳು ಮೇಲಿಂದ ಮೇಲೆ ಒಂದ-
ಕ್ಕೊಂದು ಬಡಿದು ಕೊನೆಗೆ ಅವುಗಳ ಸಂಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ.
ಬೀಜಾಣುಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವದರಿಂದ ಅವು
ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ಇರುವ ಪಾತ್ರೆಯ ಗೋಡೆಗಳಿಗೆ ತಿರುತಿರುಗಿ ಅಪ್ಪಳಿಸು
ವದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ವೇಳೆ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರ
ದಿದ್ದರೆ, ಬೀಜಾಣುಗಳು ಪಾತ್ರೆಯ ಗೋಡೆಗಳಿಗೆ ಮೇಲಿಂದಮೇಲೆ

ಬಡಿದು ತಮ್ಮ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಬೀಜಾಣು ಗಳಲ್ಲಿಯ ಶಕ್ತಿಯು ಕಡಿಮೆಯಾದರೆ, ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ತಂಪಾಗಿ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯುವದಿಲ್ಲ. ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯದಾದರೆ, ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯೇ ಉತ್ಪನ್ನ-ವಾಗುವದಿಲ್ಲ. ಒಂದು ಸರಿಯಾದ ವಿಧಾನದಿಂದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ-ದಲ್ಲಿಯ ಕಣಗಳು ಗೋಡೆಗಳಿಗೆ ಹೋಗಿ ಅಪ್ಪಳಿಸದೆ ಪಾತ್ರೆಯ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿಯೇ ಚಲಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆ ಗಳು ನಡೆಯುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡಲು ಅನೇಕ ವಿಧಾನಗಳುಂಟು. ಅವುಗಳನ್ನು ನಾವು ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ವಿವೇಚಿಸೋಣ.

ಸೂರ್ಯನಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ದೊಡ್ಡ ದೊಡ್ಡ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆದು ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯು ಹೊರಡುತ್ತದೆ ಎಂದು ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣ ಒತ್ತಡಗಳು (**Forces of gravitation**)ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಇಂತಹ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೇಲೆ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಒತ್ತಡಗಳ ಪರಿಣಾಮ ಏನೂ ಆಗಲಾರದು. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ (**Magnetic fields**) ಗಳ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡುವದು ಸಾಧ್ಯ ಎಂದು ಸಂಶೋಧನಗಳಿಂದ ಕಂಡು ಬಂದಿದೆ. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ

ಒತ್ತಡವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವದರಿಂದ ಅದು ಪಾತ್ರೆಯ ಗೋಡೆಗಳಿಗೆ ಹೋಗಿ ಬಡಿಯದೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿಯೇ ಇರು-ತ್ತದೆ. ಆದರೂ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದಲ್ಲಿಯ ಹೆಚ್ಚು ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯ ಕಣಗಳು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದ ನಂತರ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಿಂದ ಹೊರಗೆ ಬಂದು ಗೋಡೆಗಳಿಗೆ ಅಪ್ಪಳಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯೇ ಹೆಚ್ಚಿಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಂಯೋಜಕ ವಿಧಾಯಕದಲ್ಲಿ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆದು ಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಬೇಕಾದರೆ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವು ಸಾಕಷ್ಟು ವೇಳೆಯವರೆಗಾದರೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವೇಳೆಯು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದಲ್ಲಿರುವ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ $೧೦^{೧೫}$ ಕಣಗಳು ಇದ್ದರೆ, ಹತ್ತು ಸೆಕಂಡುಗಳ ಕಾಲ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಇರುವದರಿಂದಲೇ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆದು ಶಕ್ತಿಯು ಹೊರಡುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಒಂದು ಘನ ಸೆಂಟಿಮೀಟರಿಗೆ $೧೦^{೧೮}$ ಇದ್ದರೆ ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊರಡಿಸಲು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವು ಕೇವಲ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗಿಂತಲೂ ಕಡಿಮೆ ಕಾಲ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿದ್ದರೆ ಸಾಕು. ಇಲ್ಲಿ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಉಷ್ಣತಾಮಾನವನ್ನು ಮಾತ್ರ ನಾವು ಮೊದಲಿ-ಗಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ಏರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

vi) **ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮಾನವನು ಉಪ-ಯೋಗಿಸುವ ಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವದು : —** ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮಾನವನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸುವದು ಕೊನೆಯ ಮತ್ತು ಅತಿ

ಮಹತ್ವವಾದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಾಗಿದೆ. ಜಲಜನಕದ ರೂಪಕಗಳಾದ (Isotopes) ಡುಟೇರಿಯಂ ಮತ್ತು ಟ್ರೀಟಿಯಂ ಇವುಗಳನ್ನು ಸಮಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಇಂಧನಗಳೆಂದು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ ಹೊರ ಹೊರಟ ಶಕ್ತಿಯ ಶೇಕಡಾ ಎಂಭತ್ತರಷ್ಟು ಮೊತ್ತವು ನ್ಯೂಟ್ರಾನ್‌-ಗಳ ಗತಿಶಕ್ತಿಯ (Kinetic Energy) ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಈ ಗತಿಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನಾಶವಾಗದಂತೆ ಉಳಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕಾದರೆ ಸರಿಯಾದ ಮಿತಕಾರಕವನ್ನು (Moderator) ಉಪಯೋಗಿಸಿ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳ ತೀಕ್ಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಗತಿ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಮಿತಕಾರಕವು ಪಡೆಯುವದರಿಂದ ಬಹಳ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣತಾಶಕ್ತಿಯ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುತ್ತದೆ. ಸರಿಯಾದ ಶೀತಲಗಳ (Coolant) ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಮಿತಕಾರಕದಲ್ಲಿ ಹುಟ್ಟಿದ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಯನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸ-ಬಹುದು. ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಉಷ್ಣತೆಯ ಚಕ್ರದ (Heat cycle) ವಿಧಾನದ ಮೂಲಕ ನಡೆಯುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯು ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ತಯಾರಾದ ಮೇಲೆ ಮಾನವ ಜನಾಂಗವು ಅನೇಕ ವಿಧವಾಗಿ ಇದನ್ನು ನಿತ್ಯ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಉಪ ಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ಜಲಜನಕದ ರೂಪಕವಾದ ಡುಟೇರಿಯಮ್ಮನ್ನಷ್ಟೇ ಇಂಧನ ವೆಂದು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ, ಹೊರ ಹೊರಟ ಶಕ್ತಿಯ ಮೂರನೇ ಒಂದು ಭಾಗ ಮಾತ್ರ ನ್ಯೂಟ್ರಾನುಗಳಿಗೆ ವರ್ಗಾಯಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇನ್ನುಳಿದ ಮೂರನೇ ಎರಡು ಭಾಗ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣಗಳ ಗತಿಶಕ್ತಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಬಲವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ (Magnetic

Field) ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣಗಳ ಗತಿಶಕ್ತಿಯನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯನ್ನಾಗಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸಬಹುದು. ಹೀಗೆ ನಾವು ಎರಡು ವಿಧವಾಗಿ ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮಾನವನ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಅತ್ಯವಶ್ಯವಾಗಿ ಬೇಕಾದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಶಕ್ತಿಗೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಹುದು.

---

೭. ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರಿಸುವ ಸಮಸ್ಯೆ

ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸೀಮಿತವಾಗಿರಿಸಲು (confinement) ಸರಿಯಾದ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವದು ಒಂದು ಕಠಿಣ ಮತ್ತು ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ಸಮಸ್ಯೆಯಾಗಿದೆ. ಯಾಕೆಂದರೆ ಅದರಲ್ಲಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗೊಳಪಡುವ ಮೊದಲು ಅತಿ ದೂರವಾದ ಪಥವನ್ನು ಚಲಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಹಲವಾರು ವಿಧಾನಗಳ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿಡುವದು ಸಾಧ್ಯ ಎಂದು ಅನೇಕ ಸಲಹೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಸಲಹೆ ಮಾಡಿದ ಎಲ್ಲ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರ (Magnetic field) ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರ (Electric field) ಗಳ ಉಪಯೋಗವನ್ನಳವಡಿಸಿಕೊಂಡಿರುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಉಪಯೋಗವನ್ನಳವಡಿಸಿಕೊಂಡ ವಿಧಾನಗಳು ಮಾತ್ರ ತೃಪ್ತಿಕರವಾಗಿರುವವೆಂದು ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನಳವಡಿಸಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ವಿಧಾನಗಳು ಏಕೆ ಸರಿಯಾದವುಗಳಲ್ಲ ಎಂದು ಮುಂದೆ ಆಲೋಚಿಸೋಣ. ಸರಿಯಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣಗಳನ್ನು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡುವದು ಸಾಧ್ಯ. ಈ ವ್ಯಾಪಕ ಸಾಧನೆಗೆ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣಗಳ ವರ್ತನೆಯೇ ಮುಖ್ಯವಾದ ಕಾರಣ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈಗ ನಾವು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣಗಳ ವರ್ತನೆಯ ಬಗೆಗೆ ವಿವೇಚಿಸೋಣ.

i) ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣಗಳ ವರ್ತನೆ:— ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣಗಳಿರುತ್ತವೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಪಾತ್ರೆಯನ್ನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿಡುವ ಮೊದಲು, ಕಣಗಳು ಸರಳರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಬೇಕಾದ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸಿ ಪಾತ್ರೆಯ ಗೋಡೆಗಳಿಗೆ ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೇ ತೀವ್ರವಾಗಿ ಬಂದು ಬಡಿಯುತ್ತವೆ. ಆದರೆ ಅದೇ ಪಾತ್ರೆಯನ್ನು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿಟ್ಟಕೂಡಲೇ, ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಒತ್ತಡ ರೇಖೆಗಳ (Lines of force) ಸುತ್ತಲೂ ನಾಗಮುರಿಯಂತೆ (helix) ತಿರುಗಿ ಅಲ್ಲಿಯೇ ಚಕ್ರ-ಪಥದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಕಣಗಳು ಗೋಡೆಗಳಿಗೆ ಹೋಗಿ ಅಪ್ಪಳಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಕಣಗಳ ಆಘಾತದಿಂದ (Collision) ಅವು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ದಾಟಿ ಗೋಡೆಗಳಿಗೆ ಬಡಿಯುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯೊಂದು ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತದೆ. ಯಾಕೆಂದರೆ ಪ್ರತಿ ಆಘಾತದಲ್ಲಿ ಕಣಗಳು ತಮ್ಮ ಚಕ್ರಪಥದ ಮಧ್ಯ ಬಿಂದುವನ್ನು ಒಂದು ಒತ್ತಡರೇಖೆಯಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಒತ್ತಡರೇಖೆಗೆ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತವೆ. ಕಣಗಳು ಈ ರೀತಿ ವಿಸರಣಗೊಂಡು (diffusion)ಪಾತ್ರೆಯ ಗೋಡೆಗಳಿಗೆ ಬಂದು ಬಡಿಯುತ್ತವೆ. ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ವಿಸರಣಗೊಂಡು ಗೋಡೆಯ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸುವ ಕಣಗಳ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಇನ್ನೂ ಕಡಿಮೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವದು. ಕಣಗಳ ಈ ರೀತಿಯ ವರ್ತನೆಯಿಂದಲೆ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ii) ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಒತ್ತಡ (Magnetic pressure)—ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಮೇಲೆ ಒತ್ತಡ ಹಾಕುವದರಿಂದಲೇ ಅದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯುವ ವಿಧಾಯಕದಲ್ಲಿ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವೂ ಸಹಿತ ಸಾದಾ ಅನಿಲ-ದಂತೆ ಹೊರಗಡೆಗೆ ಒತ್ತಡವನ್ನುಂಟು ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಮಾಣವು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಉಷ್ಣತೆ ಮತ್ತು ಸಾಂದ್ರತೆ **(Density)** ಯನ್ನವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣತೆ ಮತ್ತು ಸಾಂದ್ರತೆ ಹೆಚ್ಚಾದರೆ ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಮಾಣವೂ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸೀಮಿತವಾಗಿರಬೇಕಾದರೆ ಅದರ ಹೊರಗಡೆಯ ಒತ್ತಡವು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಒತ್ತಡಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಒತ್ತಡ ಇವು ಒಂದಕ್ಕೊಂದು ವಿರುದ್ಧ ದಿಕ್ಕಿನಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಒತ್ತಡವು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಒತ್ತಡಕ್ಕಿಂತ ಕಡಿಮೆ ಇರುವದರಿಂದಲೇ ಅದು ಆಕುಂಚನ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಮಾಣವು ಅವುಗಳ ಶಕ್ತಿಯ ಮೇಲೆ ಅವ ಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಮೇಲೆ ಹಾಕುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಒತ್ತಡಃ—

ಬ^2 = ೮ × ೩.೧೪ ಎಂದು ತಿಳಿದಿದೆ.

ಇಲ್ಲಿ “ಬ” ಎಂದರೆ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಶಕ್ತಿ. ಇದನ್ನು “ಗಾಸ್” **(Gauss–a unit)** ಗಳಲ್ಲಿ ಅಳೆಯುತ್ತಾರೆ.

iii) ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಂದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರಿಸಲು ಏಕೆ ಅಸಾಧ್ಯ? :— ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದಲ್ಲಿ ಋಣ

ಮತ್ತು ಧನ ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿಂದ ಕೂಡಿದ ಕಣಗಳಿರುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಕೇವಲ ಧನ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಆದರೆ ಋಣ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕಣಗಳ ವೇಗವು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವು ಪ್ರಸರಣ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿರುವ ಯಾವ ತರಹದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳಿಗೂ ಸ್ಥಿರವಾದ ಸ್ಥಳವಿರುವುದಿಲ್ಲ ಎಂದು ಅರ್ನ್‌ಶಾ(**Earnshaw**)ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿ ತನ್ನ ಪ್ರಮೇಯ ದಲ್ಲಿ ಸಿದ್ಧಮಾಡಿದ್ದಾನೆ. ಆದರೂ ಸಹ ಅತಿ ಶಕ್ತಿಯುತ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿಡಬಹುದು ಎಂದು ಕೆಲವು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳಿಂದ ತಿಳಿದು ಬರುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಅತಿ ಶಕ್ತಿಯುತ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕವಾಗಿ ನಿರ್ಮಿಸಲು ಸದ್ಯದಲ್ಲಿ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಿಂದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರಿಸಲು ಬರುವದಿಲ್ಲ.

---

೮. ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರಿಸುವ ವಿಧಾನಗಳು

i) **ಬಾಧಾ ಪರಿಣಾಮ** (**Pinch Effect**):— ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹ (**Current**) ಮತ್ತು ಇದೇ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಉದ್ಭವಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ನಡುವೆ ನಡೆಯುವ ತಿಕ್ಕಾಟವೇ (**Interaction**) ಬಾಧಾ ಪರಿಣಾಮದ ಮೂಲ ಸೂತ್ರ. ಒಂದು ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಯಾವದೇ ಪ್ರಚೋದನೆಯಿಂದ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯಿರಿ. ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದಿಂದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ನಿರ್ಮಾಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಒತ್ತಡ ರೇಖೆಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಸುತ್ತಲೂ ಚಕ್ರಾಕಾರವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಿ ಅತಿವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವ ಕಣಗಳು ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರದ ಒತ್ತಡದಿಂದ ಕೊಳವೆಯ ಮಧ್ಯದ ಅತಿ ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ವ್ಯಾಪಕವಾಗುತ್ತವೆ. ಕಣಗಳು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ವ್ಯಾಪಕವಾಗುವದರಿಂದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವೂ ಸಹಿತ ಕೊಳವೆಯ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಅತಿ ಉಷ್ಣತೆಯುಳ್ಳ ತಂತಿಯ ಹಾಗೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವು ಕೊಳವೆಯ ಮಧ್ಯದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿದ್ದು ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನಕ್ಕೆ ಬಾಧಾ ಪರಿಣಾಮ (**Pinch Effect**) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಬಾಧಾ ಪರಿಣಾಮದ

ನಿರ್ಮಾಣವಾಗಬೇಕಾದರೆ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಅಗಾಧವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯಬೇಕು. ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ದೊಡ್ಡ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಹರಿಯುವ ವಿಧಾಯಕಕ್ಕೆ ಬಾಧಾ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆ (Pinched discharge) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಅನಿಲವಿರುವ ಕೊಳವೆಯನ್ನು ಇಡಲು ಬಾಧಾ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಆಕಾರದ ಅನಿಲವಿರುವ ಕೊಳವೆಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಧಾ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿ ಇವುಗಳ ಬಗೆಗೆ ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ತಿಳಿಯಲು ಅನಂತ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆದಿವೆ.

(ii) ಹೊರಗಿನ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಪರಿಣಾಮ:- ವಿಧಾಯಕವನ್ನು ಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳಲ್ಲಿಡುವದರಿಂದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂದು ಈ ಮೊದಲೇ ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿದ್ದೇವೆ. ಒಂದು ದುಂಡು ಸ್ತಂಭಾಕಾರದ (cylindrical) ಕೊಳವೆಯ ಮೇಲೆ ತಂತಿಯನ್ನು ಅನೇಕ ಸುತ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಿ ಅದರಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹರಿಸಿದರೆ ಕೊಳವೆಯ ಅಕ್ಷ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರವು ನಿರ್ಮಾಣವಾಗುತ್ತದೆ. ಸಂಯೋಜಕ ವಿಧಾಯಕವು ಈ ತರಹದ ಕೊಳವೆಯ ಹಾಗಿದ್ದು ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ತಂತಿಯಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಹಾಯಿಸಲು ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ-ಗಳುದ್ಭವಿಸಿ ಒಳಗಿನ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರಿಸು-ತ್ತವೆ. ಅತಿ ದೊಡ್ಡ ಶಕ್ತಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನುದ್ಭವಿಸಲು ಬಹಳ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಸುತ್ತಿರುವ ತಂತಿ-

ಯಲ್ಲಿ ಹರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೊರಗಿನಿಂದ ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಇಂತಹ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಉಪಯೋಗದಿಂದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ವ್ಯಾಪಕವಾಗಿರಿಸಿ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳ ಸಾಧ್ಯತೆ-ಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಮಾಡಲು ಅವಿರತ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆದಿವೆ.

iii) **ಕಾಂತ ದರ್ಪಣ ವಿಧಾಯಕ (Magnetic mirror system) :—** ಕಾಂತದರ್ಪಣ ವಿಧಾಯಕದಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆಯೇ ಅಕ್ಷ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರ-ಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಆದರೆ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಗಾತ್ರ, ಕೊಳವೆ-ಯ ಎಲ್ಲ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಇರುವ ಬದಲು ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ, ಹೆಚ್ಚು ಗಾತ್ರವಿರುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ವಿಭಾಗಕ್ಕೆ ಕಾಂತ ದರ್ಪಣ (**Magnetic mirror**) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಚಲಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಗಾತ್ರವಿರುವ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ವಿಭಾಗಕ್ಕೆ ಬಂದು ತಲುಪಿದ ಕೂಡಲೇ ಅವು ಪುನಃ ಕೊಳವೆಯ ಮಧ್ಯಭಾಗಕ್ಕೆ ಪರಾವರ್ತಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ಕಾಂತಾ ದರ್ಪಣವು ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳನ್ನು ಕೊಳವೆಯ ಕೊನೆಗೆ ಹೋಗ-ದಂತೆ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿಯೇ ಇರಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ.

iv) **ಆಸ್ಟ್ರಾನ ವಿಧಾಯಕ** (Astron system):**—** ಈ ವಿಧಾಯಕದಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ಮೊದಲು ಒಂದು ದುಂಡು ಸ್ತಂಭಾಕಾರದ ಕೊಳವೆಯ ಸುತ್ತಲೂ ಅಕ್ಷಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಕಾಂತ ಕ್ಷೇತ್ರಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುತ್ತಾರೆ. ಆಮೇಲೆ ಬಹಳ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ

ಋಣರೇಣುಗಳಿಂದ (Electorns) ಕೂಡಿದ ಕಿರಣ (beam) ವನ್ನು ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿ ಕಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಕಿರಣದ ಮೇಲೆ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಅದರಲ್ಲಿಯ ಋಣರೇಣುಗಳು ಕೊಳವೆಯ ಮಧ್ಯ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ತಿರುಗುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪದರು (Layer) ತಯಾರಾಗುತ್ತದೆ. ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಪದರು ಒಂದು ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ ಮುಟ್ಟಿದ ಕೂಡಲೇ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವು ಬದಲಾಗಿ ಅದರ ಒತ್ತಡರೇಖೆಗಳು ಕೊಳವೆಯ ಮಧ್ಯ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಮಾಂತರ ವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ತರಹದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ನಿರ್ಮಾಣ ವಾದಾಗ ಡ್ಯುಟೇರಿಯಂ ಇಲ್ಲವೆ ಟ್ರೀಟಿಯಂ ಮತ್ತು ಡುಟೇ-ರಿಯಂ ಅನಿಲಗಳ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು ಕೊಳವೆಯೊಳಗೆ ಹಾಕಲು ಅದು ಕೂಡಲೆ ಅಯಾನೀಕರಣವಾಗುತ್ತದೆ (Ionisation). ಅಯಾನೀಕರಣವಾಗಲು ಕೊಳವೆಯ ಮಧ್ಯ ಅಕ್ಷದ ಸುತ್ತಲೂ ತಿರುಗುವ ಅಗಾಧ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ಋಣರೇಣುಗಳೇ ಕಾರಣ. ಅಯಾನೀಕರಣದಿಂದ ತಯಾರಾದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿ-ದಂತೆ ನಿರ್ಮಿತವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಿಂದ ಕೊಳವೆಯ ಮಧ್ಯ ಭಾಗವಲ್ಲಿಯೇ ವ್ಯಾಪಕವಾಗಿ ಸಂಯೋಜಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಡೆ-ಯುತ್ತವೆ. ಅಸ್ಟ್ರಾನ ವಿಧಾಯಕವು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರಿಸಬಲ್ಲದು ಎಂದು ಪ್ರಮೇಯಗಳಿಂದ ತಿಳಿದು ಬಂದಿದೆ. ಆದರೂ ಭವಿಷ್ಯತ್ತಿನಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಇದನ್ನು ಇನ್ನೂ ಕಂಡು-ಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗಿದೆ.

---

೯. ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಗುಣ ಧರ್ಮಗಳನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವದು

ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದಲ್ಲಿ ಯಾವವೇಳೆಗೆ ಏನು ನಡೆಯುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ವಿಧಾಯಕದ ಉಷ್ಣತೆಯ ಪ್ರಮಾಣವೆಷ್ಟು? ವಿದ್ಯುತ್‌ವಾಹಕ ಕಣಗಳ ಸಂದಣಿ ಎಷ್ಟು ? ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟುಕಾಲ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ? ಯಾವ ಅಶುದ್ಧ ಕಣಗಳು ಎಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿವೆ ? ಮೇಲಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ನಾವು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಸಂಶೋಧನೆಗಳಿಂದ ಉತ್ತರಗಳನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಈ ಸಂಶೋಧನೆಯ ವಿಭಾಗಕ್ಕೆ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಗುಣಧರ್ಮಗಳನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳುವ (Diagnostics) ವಿಭಾಗ ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಇಲ್ಲಿ ಮಹತ್ವವಾದ ಅನೇಕ ಸುಧಾರಿತ ತಂತ್ರಗಳನ್ನು (techniques) ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗಿದೆ. ಕೆಲವು ಅತಿ ಮಹತ್ವವಾದ ತಂತ್ರಗಳು ಯಾವವು ಎಂಬುದನ್ನು ಈಗ ತಿಳಿಯೋಣ.

i) **ಛಾಯಾಗ್ರಹಣ (Photography):—** ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಛಾಯಾಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ತೆಗೆದು ಅವುಗಳ ನಿರೀಕ್ಷಣೆಯಿಂದ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಕೆಲವು ಗುಣಧರ್ಮಗಳನ್ನು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ವಿದ್ಯುತ್‌ವಿಸರ್ಜನೆಯ (Discharge) ಕೊಳವೆಯಲ್ಲಿಯ

ಪ್ಲಾಸ್ಮಾವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ ಕಾಲ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆ ಇರುವುದರಿಂದ ಅತಿವೇಗದಲ್ಲಿ ಛಾಯಾಗ್ರಹಣ ನಡೆಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅನೇಕ ಸುಧಾರಿತ ಸಲಕರಣೆಗಳಿಂದ ಕೂಡಿದ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕಗಳನ್ನು (Camera) ಈ ದಿಶೆಯಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಶೋಧಿಸಿದ ಬಹಳ ವೇಗದಿಂದ ತಿರುಗುವ ಕನ್ನಡಿಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿದ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಮತ್ತು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಪ್ರತಿಬಿಂಬವನ್ನು ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೇ ಪಡೆಯುವ ಛಾಯಾಗ್ರಾಹಕ ಮುಖ್ಯವಾದವುಗಳಾಗಿವೆ.

ii) **ವರ್ಣಪಟಲಶಾಸ್ತ್ರ (Spectroscopy)** :—ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಸರ್ಜನೆಯಿಂದ ಹೊರಟ ಬೆಳಕಿನ ಕಿರಣಗಳ ವರ್ಣಪಟಲದ (Spectrum) ಅಭ್ಯಾಸದಿಂದ, ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಅನೇಕ ಗುಣಧರ್ಮಗಳನ್ನು ನಾವು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಶುದ್ಧತೆ ಮತ್ತು ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಋಣರೇಣುಗಳ (Eletrons) ಹಾಗೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಕಣಗಳ ವೇಗ ಮೊದಲಾದ ಗುಣಧರ್ಮಗಳನ್ನು ವರ್ಣಪಟಲ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಸಹಾಯದಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಉಷ್ಣತೆ ಹಾಗೂ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಆಕುಂಚನ ಮತ್ತು ಪ್ರಸರಣ ವೇಗಗಳನ್ನೂ ಸಹ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

iii) **ವಿದ್ಯುತ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತರಂಗಗಳ ಆಘಾತ (Micro wave Interactions)**:— ವಿದ್ಯುತ್ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತರಂಗಗಳನ್ನು ಪ್ಲಾಸ್ಮಾದ ಮೇಲೆ ಆಘಾತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿ ಅವುಗಳ ಆವರ್ತ ಬದಲಾವಣೆ (Phase Shift) ಚದುರುವಿಕೆ

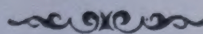
(Scattering) ಮತ್ತು ಹೀರುವಿಕೆ (Absorption) ಇವುಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಬಹುದು. ಈ ಅಳತೆಗಳಿಂದ ಋಣರೇಣುಗಳ ಪ್ರಮಾಣ ಮತ್ತು ವೇಗಗಳನ್ನು ನಾವು ಕಂಡುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

iv) **ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲ** (Eletrionics) :— ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಪ್ಲಾಸ್ಮಾ ವಿಧಾಯಕದಲ್ಲಿಯ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಗಳ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹಗಳ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಅಳೆಯಬಹುದು. ವಿಧವಿಧವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಮಂಡಲ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಇಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

---

೧೦. ಪರಿಸಮಾಪ್ತಿ

ಒಂದು ಸಸಿಯು ಗಿಡವಾದಾಗ ಅನೇಕ ಟೊಂಗೆಗಳು ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ, ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಮಾನವನ ದೈನಂದಿನ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಪಡೆಯುವದರಲ್ಲಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರ ಮತ್ತು ತಾಂತ್ರಿಕ ಶಾಸ್ತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ಹೊಸ ಹೊಸ ಬೆಳ-ವಣಿಗೆಗಳಾಗಿವೆ. ಈ ಸುಧಾರಿತ ಬೆಳವಣಿಗೆಗಳ ಉಪಯೋಗ ಮಾಡಿಕೊಂಡು ಮಾನವನ ನಿತ್ಯಜೀವನಕ್ಕೆ ಅತಿಕಡಿಮೆ ಬೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಲಭಿಸುವ ಸಂಯೋಜಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಪಡೆಯಲು ಅತವಿರ ಶ್ರಮ ಪಡುತ್ತಿರುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಬೇಗನೆ ಫಲ ಸಿಕ್ಕು ಜನಜೀವನ ಸುಖವಾಗಲೆಂದು ಹಾರೈಸೋಣ.



೨೬. ಜೀವನದಲ್ಲಿ ನಗೆ (,,) -ಎಂ. ಎಸ್. ಸುಂಕಾಪುರ
೨೭. ಬಸವಣ್ಣನವರ ಯೋಜನೆಗಳು (ದ್ವಿ. ಆ.) –ಬಿ. ಸಿ. ಜವಳಿ
೨೮. ೧೮೫೭ರ ಕ್ರಾಂತಿ (ದ್ವಿ. ಆ.) –ಸಿ. ವೀರಬಸಣ್ಣ
೨೯. ಕನ್ನಡ ಕಥಾಸೃಷ್ಟಿ (,,) -ಬಿ. ಬಿ. ಮಹೀಶವಾಡಿ
೩೦. ಸಂಸ್ಕೃತ ಸಾಹಿತ್ಯದಲ್ಲಿ ಶೃಂಗಾರರಸ (,,) -ಕೆ. ಕೃಷ್ಣಮೂರ್ತಿ
೩೧. ನೀರಾವರಿ ಬೇಸಾಯ (ದ್ವಿ.ಆ.) -ಎಸ್. ಎ. ಹೊಸಮನಿ
೩೨. ಸಾರ್ವಜನಿಕ ಅಭಿಪ್ರಾಯ -ಎನ್. ರಾಜಗೋಪಾಲರಾವ
೩೩. ಕನ್ನಡ ಕಾವ್ಯಗಳಲ್ಲಿ
ಕಿರಾತಾರ್ಜುನ ಪ್ರಸಂಗ (ದ್ವಿ.ಆ.) -ದೇವೇಂದ್ರಕುಮಾರ ಹಕಾರಿ
೩೪. ಕನ್ನಡಕ್ಕೆ ಪುರಂದರದಾಸರು
ನೀಡಿದ ಕೊಡುಗೆ (ದ್ವಿ.ಆ.) -ಜಿ. ಡಿ. ನಾಡಕರ್ಣಿ
೩೫. ಫ್ಯಾಶನ್ನುಗಳು (೨ನೆಯ ಆವೃತ್ತಿ) -ಕೆ. ಡಿ. ತಂಗೋಡ
೩೬. ಮಹಾಕವಿ ರಾಘವಾಂಕನ
ಪಾತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ತತ್ವನಿಷ್ಠೆ (,,) -ಬಿ. ವ್ಹಿ. ಮಲ್ಲಾಪುರ
೩೭. ಅಭಿವೃದ್ಧಿ ಯೋಜನೆಗಳಲ್ಲಿ
ಸಹಕಾರದ ಪಾತ್ರ (,,) -ಎಸ್. ಜಿ. ಕರಭಂಟನಾಳ
೩೮. ಕನ್ನಡ ಜೈನಪುರಾಣಗಳು (,,) -ಸದಾನಂದ ನಾಯಕ
೩೯. ಕನ್ನಡ ನಾಟ್ಯಸೃಷ್ಟಿ ಎಚ್. ಜಿ. ಲೋಕೂರ
೪೦. ಹರಿಹರನು ಚಿತ್ರಿಸಿದ ಶಿವಶರಣೆಯರು(ದ್ವಿ.ಆ.)-ಬಿ. ಬಿ. ಹೆಂಡಿ
೪೧. ನೀವು ಬಯಸುವ ಮಗು
ಗಂಡೊ ? ಹೆಣ್ಣೊ ? (ದ್ವಿ.ಆ.) -ಕೆ. ಆರ್. ರಾಮಸ್ವಾಮಿ
೪೨. ಆಂಡಯ್ಯ -ಬಿ. ಎಸ್. ಕುಲಕರ್ಣಿ
೪೩. ಬೆಳವಲನಾಡಿನ ಬೆಳೆಗಳು ಎಸ್. ಎ. ಹೊಸಮನಿ
೪೪. ಜಾನಪದ ಕಥೆಗಳು (ದ್ವಿ.ಆ.) -ಎಲ್. ಆರ್. ಹೆಗಡೆ
೪೫. ಸುಧಾರಿಸಿದ ಬೇಸಾಯ (,,) -ಎ. ಸಿ. ಕಲ್ಯಾಣಿಮಠ
೪೬, ಕನ್ನಡನಾಡಿನ ಐತಿಹಾಸಿಕ ಮಹಾಪುರುಷರು
-ಬಿ. ಆರ್. ಗೋಪಾಲ್
೪೭. ಗ್ರಂಥಾಲಯುದ ಅಂತರಂಗ (ದ್ವಿ.ಆ.) -ಎಸ್. ಆರ್. ಗುಂಜಾಳ
೪೮. ಸ್ತ್ರೀ ಮತ್ತು ಶಿಕ್ಷಣ (,,) -ವನಮಾಲಾ ಆಚಾರ್
೪೯. ಜಾಗತಿಕ ಸರಕಾರ -ಸಿ. ವೀರಬಸಣ್ಣ
೫೦. ಸಮುದಾಯ ಸಂಘಟನೆ ಎಚ್. ಎಂ. ಮರುಳಸಿದ್ದಯ್ಯ
೫೧. ಅಶೋಕನ ಧರ್ಮಶಾಸನಗಳು -ಶ್ರೀನಿವಾಸ ರಿತ್ತಿ
೫೨. ಪ್ರಾಚೀನ ಭಾರತದ ರಾಜ್ಯಪದ್ಧತಿ (ದ್ವಿ. ಆ.)-ಸಿ.ವ್ಹಿ.ರಂಗಸ್ವಾಮಿ
೫೩. ಅಕ್ಕಮಹಾದೇವಿ ಮತ್ತು ಮೀರಾಬಾಯಿ -ಎಸ್.ಎಸ್. ಕಬ್ಬಿನ

೫೪. ಕನ್ನಡ ಕಾವ್ಯದಲ್ಲಿ ವೀರರಸ ನಿರೂಪಣೆ -ಬಿ.ಬಿ. ಮಹೀಶವಾಡಿ
೫೫. ಹರಿಹರ ಮಹಾಕವಿಯ ಕೆಲವು ಮಹೋನ್ನತ ವಿಚಾರಗಳು -ಬಿ. ಸಿ. ಜವಳಿ
೫೬. ಭಾರತ ರಾಜ್ಯಘಟನೆ -ಎಂ. ಎಸ್. ಪಾಟೀಲ
೫೭. ಪಂಚಾಯತಿ ರಾಜ್ಯ -ಎಸ್. ಜಿ. ಶರಭಂಟನಾಳ ಮತ್ತು ಕೆ. ಡಿ. ಬಸವ
೫೮. ವಿಷಮಜ್ವರ -ಪಿ. ಎಸ್. ಶಂಕರ
೫೯. ಪುಸ್ತಕ ಭಾಂಡಾರ ಕಾಯದೆ -ಜಿ. ಎಂ. ಪಾಟೀಲ
೬೦. ಸರ್ ಐಸಾಕ್ ನ್ಯೂಟನ್ -ಆರ್. ವ್ಹಿ. ಅಬ್ಬಿಗೇರಿ
೬೧. ಗ್ರಾಮಾಭ್ಯುದಯದ ಯೋಜನಾಂಗಗಳು -ಟಿ. ಕೆ. ಮೇಟಿ
೬೨. ಹರಿಜನರ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು ಹಾಗು ಅವುಗಳ ಪರಿಹಾರ -ಎನ್. ಕೆ. ಕಡೆತೋಟದ
೬೩. ರಾಸಾಯನಿಕ ಕಿಣ್ವಗಳು -ಎಂ. ಎಸ್. ಎಸ್. ರಾವ್
೬೪. ಪ್ರಜಾಪ್ರಭುತ್ವದ ಮೂಲತತ್ವಗಳು -ಕೆ. ಬಿ. ಬಕ್ಕಪ್ಪ
೬೫. ಹೃದಯಾಘಾತ -ಪಿ. ಎಸ್. ಶಂಕರ್
೬೬. ಆಭರಣಗಳ ಬಗೆಗೆ ಸಾಮಾಜಿಕ ದೃಷ್ಟಿಕೋನ -ಡಿ. ಎ. ಚಕ್ಕಿ
೬೭. ಶ್ರೀ ರಾಮಾಯಣ ದರ್ಶನದಲ್ಲಿ ಕುವೆಂಪು ಸೃಜಿಸಿದ ಮೂರು ಪಾತ್ರಗಳು ಎಂ. ಜಿ. ಬಿರಾದಾರ
೬೮. ಯೋಜನೆಗಳೇಕೆ ಬೇಕು ? -ಎಸ್. ಎಸ್. ಯಮ್ಮಿ
೬೯. ಸಗರನಾಡಿನ ಶಿವಶರಣರು -ವ್ಹಿ. ಶಿವಾನಂದ
೭೦. ವಿಜ್ಞಾನದ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಸೃಷ್ಟಿ -ಆರ್. ಎಸ್. ಭೂಸನೂರಮಠ
೭೧. ವಿಜಯನಗರದ ನಿರ್ಣಾಯಕ ಯುದ್ಧ -ಎಸ್. ಬಿ. ಕೋಡದ
೭೨. ಬಸವಣ್ಣನವರನ್ನು ಕುರಿತು ಶಾಸನಗಳು -ಎಂ. ಎಂ. ಕಲಬುರ್ಗಿ
೭೩. ಆಧುನಿಕ ಭಾಷಾವಿಜ್ಞಾನ -ಜೆ. ಎಸ್. ಕುಳ್ಳಿ
೭೪. ಪುರಾಣ ಜಿಜ್ಞಾಸೆ -ಎಲ್. ಆರ್. ಹೆಗಡೆ
೭೫. ಭಾರತದಲ್ಲಿ ಶೈಕ್ಷಣಿಕ ಪ್ರಯೋಗ -ವ್ಹಿ. ಎಸ್. ಕುಲಕರ್ಣಿ
೭೬. ಅಧಿಕ ಉತ್ಪಾದನೆಗಾಗಿ ಮಿಶ್ರತಳಿ ಬೆಳೆಗಳು -ವ್ಹಿ. ಸಿ. ಕಲ್ಯಾಣಿಮಠ
೭೭. ಕನ್ನಡ ನುಡಿಯ ಬೆಳವಣಿಗೆ -ಎಚ್. ಜಿ. ಲೋಕೂರ
೭೮. ಹರಿಹರನ ಗಿರಿಜಾಕಲ್ಯಾಣ -ಬಿ. ವ್ಹಿ. ಶಿರೂರ
೭೯. ಹೊಟ್ಟೆಯಹುಣ್ಣು -ಪಿ. ಎಸ್. ಶಂಕರ